

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FABRÍCIO ANTÔNIO BIERNASKI

*Pinus maximinoi* H. E. Moore: MELHORAMENTO GENÉTICO, MATURAÇÃO DE  
SEMENTES, MÉTODOS DE PROPAGAÇÃO E TIPOS DE RECIPIENTES

CURITIBA

2018

FABRÍCIO ANTÔNIO BERNASKI

*Pinus maximinoi* H. E. Moore: MELHORAMENTO GENÉTICO, MATURAÇÃO DE  
SEMENTES, MÉTODOS DE PROPAGAÇÃO E TIPOS DE RECIPIENTES

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia Florestal, área de concentração em Silvicultura.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos Nogueira

Coorientadores: Prof. Dr. Evandro Vagner Tambarussi  
Dr. Ricardo Luis Mayer Weber

CURITIBA

2018

Ficha catalográfica elaborada pela  
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Biernaski, Fabrício Antônio

*Pinus maximinoi* H. E. Moore: melhoramento genético, maturação de sementes, métodos de propagação e tipos de recipientes / Fabrício Antônio Biernaski. – Curitiba, 2018.

139 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos Nogueira

Coorientadores: Prof. Dr. Evandro Vagner Tambarussi

Dr. Ricardo Luis Mayer Weber

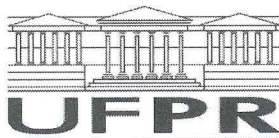
Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 17/05/2018.

Área de concentração: Silvicultura.

1. Sementes – Melhoramento genético. 2. Genética florestal. 3. Propagação vegetativa. 4. *Pinus maximinoi*. 5. Teses. I. Nogueira, Antônio Carlos. II. Tambarussi, Evandro Vagner. III. Weber, Ricardo Luis Mayer. IV. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. V. Título.

CDD – 634.9

CDU – 634.0.232.1



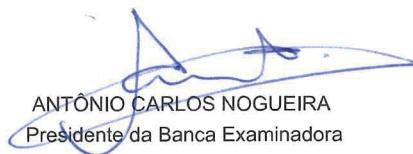
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA  
FLORESTAL

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA FLORESTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **FABRICIO ANTONIO BIERNASKI** intitulada: *Pinus maximinoi* H. E. Moore: **MELHORAMENTO GENÉTICO, MATURAÇÃO DE SEMENTES, MÉTODOS DE PROPAGAÇÃO E TIPOS DE RECIPIENTES.**, após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

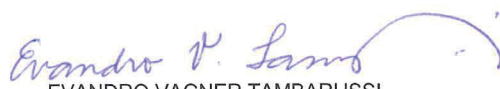
A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 17 de Maio de 2018.

  
ANTÔNIO CARLOS NOGUEIRA  
Presidente da Banca Examinadora

  
KATIA CHRISTINA ZUFFELLATO-RIBAS  
Avaliador Externo

  
DAGMA KRATZ  
Avaliador Interno

  
EVANDRO VAGNER TAMBARUSSI  
Avaliador Externo

  
IVAIR WENDLING  
Avaliador Externo



À minha Mãe Inês e meu Pai Tomaz,

Dedico

## AGRADECIMENTOS

À empresa KLABIN S.A. pelo apoio dado à realização desta tese, na figura de Mário Ladeira, Carlos Santos e José Totti.

À Universidade Federal do Paraná e ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal.

Ao meu orientador e coorientadores Prof. Dr. Antônio Carlos Nogueira, Prof. Dr. Evandro Vagner Tambarussi e Dr. Ricardo Luis Mayer Weber pela orientação, contribuições e amizade.

Aos meus colegas de trabalho Everton Zanlorenzi, Regiane Estopa, Marco Figura, James Stahl, Letícia Miranda, Mariane Camargo, Bruno Magro, Wagner Costa, Claudinei Rogenski, Valdir Moura, Mateus Andrade, Vanessa de Lara, pelo apoio, contribuições e amizade.

À Willian dos Santos, por me acompanhar por toda esta trajetória com palavras de incentivo, companheirismo, amizade e auxílio na formatação da tese, abstracts e referências.

Aos meus amigos Adriana Biassio e Marcelo Cruz, pela longa amizade.

Ao meu irmão Fábio, cunhada Elizete, sobrinhos Pedro e Kamila Biernaski.

Aos meus pais Inês e Tomaz Biernaski, minha avó Lúcia Kmiecik, madrinha Lídia Kmiecik, avô Silvestre Kmiecik (*In Memoriam*) e avô João Biernaski (*In Memoriam*) pela educação, exemplo de vida e pelo incentivo de crescimento.



## RESUMO

Devido ao grande potencial de utilização do *Pinus maximinoi* H. E. Moore em plantios florestais comerciais para produção de madeira para diversos fins, objetivou-se a realização de estudos voltados às problemáticas envolvendo qualidade de sementes, métodos de propagação e de produção de mudas e suas influências no crescimento das árvores em campo, assim como o melhoramento genético da espécie. O trabalho foi desenvolvido no município de Telêmaco Borba, no Estado do Paraná, Brasil, e dividido em quatro capítulos. O Capítulo 1 estimou parâmetros genéticos em testes de progênies de primeira e segunda gerações, e os ganhos de produtividade volumétrica com a aplicação de técnicas de melhoramento genético. Os resultados evidenciaram a existência de variabilidade e alto controle genético dos caracteres de crescimento avaliados. A realização de seleção precoce é viável para acelerar os ganhos genéticos, uma vez que a correlação genética foi de 0,79 para Diâmetro à Altura do Peito (DAP) entre cinco e 15,6 anos. A transformação de um teste de progênies de primeira geração em Pomar de Sementes por Mudanças (PSM) resultou em um ganho volumétrico estimado de 14,8% aos cinco anos e de 12% aos 12 anos. Os ganhos estimados foram confirmados nos testes de segunda geração avaliados aos cinco anos. Ganhos adicionais de 10,4% em volume aos cinco anos podem ser obtidos com a seleção das 20 melhores matrizes não aparentadas do PSM de primeira geração. A variabilidade genética existente nos testes de progênies de segunda geração viabiliza a obtenção de ganhos futuros no programa de melhoramento genético. O Capítulo 2 abordou os estudos que demonstram que a germinação e vigor das sementes estão fortemente correlacionados com a época de coleta e densidade aparente dos cones, como reflexo da maturação fisiológica das sementes. Alta proporção de sementes vazias foi observada, porém sem relação com o período de coleta das sementes. Estima-se que ao coletar cones com densidade aparente abaixo de 1,0 g/cm<sup>3</sup> a germinação das sementes cheias será acima de 80%. O Capítulo 3 analisou a influência, na qualidade de mudas em viveiro, do uso de diferentes tipos de recipientes (tubetes de polipropileno de 55, 95 e 115 cm<sup>3</sup>, com e sem aberturas laterais) e métodos de propagação via sementes e enraizamento de miniestacas. Os resultados aos 230 dias demonstraram a possibilidade de produção de mudas de qualidade por ambos os métodos de propagação testados, sendo que o uso de recipientes maiores produziu mudas de melhor qualidade. O Capítulo 4 avaliou o reflexo na sobrevivência e crescimento, até 34 meses após o plantio em campo, de mudas propagadas via sementes e enraizamento de miniestacas, produzidas em diferentes tipos de recipientes (tubetes de polipropileno de 55, 95 e 115 cm<sup>3</sup>, com e sem aberturas laterais e *Paperpot* 55 cm<sup>3</sup> biodegradável). O método de propagação e os tipos de recipientes utilizados influenciaram no crescimento das árvores em campo, sendo que os melhores resultados foram obtidos com o uso dos recipientes maiores ou biodegradáveis. A utilização de mudas propagadas vegetativamente é viável, apresentando mesmo crescimento em campo comparativamente às mudas produzidas via sementes, porém é necessária a utilização dos recipientes maiores com aberturas laterais, ou biodegradáveis.

Palavras-chave: *Pinus* tropical. Maturação fisiológica. Qualidade de mudas. Variabilidade genética.

*Pinus maximinoi* H. E. Moore: GENETIC IMPROVEMENT, SEED MATURATION,  
PROPAGATION METHODS AND TYPE OF CONTAINERS

**ABSTRACT**

Due to the great potential of *Pinus maximinoi* H. E. Moore in commercial forest plantations for wood production for several purposes, the aim was to carry out studies related to seed quality, propagation methods and plantlets production and their influence on the field growth of the trees, as well as the species genetic improvement. The study was conducted in Telêmaco Borba city, Paraná state, Brazil, divided into four chapters. Chapter 1 estimated genetic parameters in first and second generation progenies trials, and the gains in volumetric productivity with the application of genetic improvement techniques. The results evidenced the existence of variability and high genetic control of the growth characters evaluated. The implementation of early selection is viable to accelerate the genetic gains, since the genetic correlation was 0.79 for diameter at breast height (DBH) between five and 15.6 years. The transformation of a first generation progenies test in Seedling Seed Orchard (SSO) resulted in an estimated volumetric gain of 14.8% at five years and 12% at 12 years. The estimated gains were confirmed in the second generation tests evaluated at five years. An additional gain of 10.4% in volume at 5 years can be obtained by the selection of the 20 best unrelated trees from the first generation SSO. The existent genetic variability in the second generation progeny tests makes possible futures gains in the genetic improvement program. Chapter 2 deals with the studies that demonstrate that seeds germination and vigor are strongly correlated with the time of collection and cone specific gravity as a reflection of seeds physiological maturation. High number of empty seeds were observed, however unrelated to the seed collection period. It was estimated that harvesting cones with specific gravity below 1.0 g/cm<sup>3</sup> would result in germination above 80% of filled seeds. Chapter 3 analyzed the use of different types of containers (55, 95 and 115 cm<sup>3</sup> polypropylene tubes with and without side cuts) in quality of seedlings and cuttings in nursery. The 230 days results showed the possibility of production of seedlings and cuttings with good quality by both propagation methods tested, and the use of larger polypropylene tube produced better quality plantlets. Chapter 4 evaluated the survival and growth, after 34 months field planting, of seedlings and rooted cuttings produced in different kinds of containers (polypropylene tubes with 55, 95 and 115 cm<sup>3</sup>, with and without side cuts and biodegradable 55 cm<sup>3</sup> Paperpot). The propagation method and the type of container used influence the trees growth in the field, and the best results were obtained with the larger containers and with the biodegradable ones. The use of rooted cuttings is viable, presenting the same field growth comparable to the seedlings, but it is necessary to use larger containers with side cuts or the biodegradable ones.

Key-words: Tropical pine. Seeds physiological maturation. Seedlings and cuttings quality. Genetic variability.



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 - COMPRIMENTO E DIÂMETRO MÉDIOS DE CONES DE <i>Pinus maximinoi</i> AMOSTRADOS AO LONGO DO TEMPO EM TELÊMACO BORBA-PR. ....	61
FIGURA 2.2 - PESO MÉDIO DE CONES VERDES E PORCENTAGEM DE UMIDADE DE CONES DE <i>Pinus maximinoi</i> AMOSTRADOS AO LONGO DO TEMPO EM TELÊMACO BORBA-PR. ....	62
FIGURA 2.3 - PORCENTAGEM DE GERMINAÇÃO, PORCENTAGEM DE PLÂNTULAS E PORCENTAGEM DE SEMENTES VAZIAS DE <i>Pinus maximinoi</i> AMOSTRADOS AO LONGO DO TEMPO EM TELÊMACO BORBA-PR. ....	63
FIGURA 2.4 - PORCENTAGEM DE GERMINAÇÃO DAS SEMENTES CHEIAS, PORCENTAGEM DE PLÂNTULAS GERADAS A PARTIR DAS SEMENTES CHEIAS, PORCENTAGEM DE SEMENTES DURAS E DENSIDADE APARENTE DOS CONES, AO LONGO DO TEMPO DE AMOSTRAGEM DE <i>Pinus maximinoi</i> EM TELÊMACO BORBA-PR. ....	65
FIGURA 2.5 - ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO (IVG) DE SEMENTES DE <i>Pinus maximinoi</i> AO LONGO DOS PERÍODOS DE AMOSTRAGEM EM TELÊMACO BORBA-PR. ....	66
FIGURA 2.6 - RELAÇÃO ENTRE GERMINAÇÃO DAS SEMENTES CHEIAS E DENSIDADE APARENTE DOS CONES (ANTES DE INICIAR A ABERTURA NATURAL) PARA <i>Pinus maximinoi</i> EM TELÊMACO BORBA-PR. ....	67
FIGURA 2.7 - DENSIDADE APARENTE DOS CONES DE QUATRO CLONES DE <i>Pinus maximinoi</i> , AO LONGO DAS DATAS DE AMOSTRAGEM EM TELÊMACO BORBA-PR. ....	69
FIGURA 3.1 - TIPOS DE RECIPIENTES UTILIZADOS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>Pinus maximinoi</i> EM TELÊMACO BORBA-PR. ....	80

FIGURA 4.1 – FOTOS DOS TRATAMENTOS UTILIZADOS NA INSTALAÇÃO DE TESTE DE <i>Pinus maximinoi</i> EM CAMPO EM TELÊMACO BORBA-PR .....	100
FIGURA 4.2 - PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL (mm) E TEMPERATURA MÉDIA MENSAL (°C) DURANTE O PERÍODO DE DESENVOLVIMENTO DO EXPERIMENTO DE <i>Pinus maximinoi</i> EM CAMPO (2015, 2016 E 2017). DADOS DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE LAGOA, TELÊMACO BORBA-PR (KLABIN 2017).....	102
FIGURA 4.3 – FOTOS DO PROCESSO DE EXTRAÇÃO DE RAÍZES DE ÁRVORES DE <i>Pinus maximinoi</i> AOS 35 MESES DE IDADE, EM TELÊMACO BORBA-PR .....	104
FIGURA 4.4 - EXEMPLO DE ATRIBUIÇÃO DE NOTAS NA AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA DE RAÍZES PARA A VARIÁVEL DIREÇÃO DE RAÍZES, PARA EXPERIMENTO DE <i>Pinus maximinoi</i> AOS 35 MESES IMPLANTADO EM TELÊMACO BORBA-PR. ....	105
FIGURA 4.5 - EXEMPLO DE ATRIBUIÇÃO DE NOTAS NA AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA DE RAÍZES PARA A VARIÁVEL DISTRIBUIÇÃO DE RAÍZES PARA EXPERIMENTO DE <i>Pinus maximinoi</i> AOS 35 MESES IMPLANTADO EM TELÊMACO BORBA-PR.....	106
FIGURA 4.6 - EXEMPLO DE ATRIBUIÇÃO DE NOTAS NA AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA DE RAÍZES PARA A VARIÁVEL RAÍZES PRINCIPAIS, PARA EXPERIMENTO DE <i>Pinus maximinoi</i> AOS 35 MESES IMPLANTADO EM TELÊMACO BORBA-PR.....	107
FIGURA 4.7 - DADOS DIÁRIOS DE TEMPERATURA MÉDIA E MÁXIMA, UMIDADE RELATIVA DO AR, EVAPOTRANSPIRAÇÃO E PRECIPITAÇÃO DO PERÍODO INICIAL DE IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO DE <i>Pinus maximinoi</i> EM CAMPO, ENTRE JANEIRO E MARÇO DE 2015, EM TELÊMACO BORBA-PR. ....	114

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1.1 - INFORMAÇÕES DAS PROCEDÊNCIAS UTILIZADAS E DISTRIBUIÇÃO DAS PROGÊNIES DE POLINIZAÇÃO ABERTA DE <i>Pinus maximinoi</i> IMPLANTADAS NOS TESTES DE PROCEDÊNCIAS E PROGÊNIES DE PRIMEIRA GERAÇÃO EM TELÊMACO BORBA-PR. ....	26
TABELA 1.2 - INFORMAÇÕES SOBRE OS LOCAIS DE INSTALAÇÃO DOS TESTES DE PROCEDÊNCIAS E PROGÊNIES DE POLINIZAÇÃO ABERTA DE <i>Pinus maximinoi</i> DE PRIMEIRA GERAÇÃO, IMPLANTADOS EM TELÊMACO BORBA-PR. ....	27
TABELA 1.3 - INFORMAÇÕES SOBRE OS LOCAIS DE INSTALAÇÃO DE TRÊS TESTES DE PROGÊNIES DE POLINIZAÇÃO ABERTA DE <i>Pinus maximinoi</i> DE SEGUNDA GERAÇÃO EM TELÊMACO BORBA-PR. ....	27
TABELA 1.4 - INFORMAÇÕES DOS DE SOLOS NOS LOCAIS DE INSTALAÇÃO DOS TESTES DE PROGÊNIES DE <i>Pinus maximinoi</i> DE SEGUNDA GERAÇÃO EM TELÊMACO BORBA-PR. ....	28
TABELA 1.5 - ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA DADOS DE DAP (cm) E ALTURA (m) ENTRE UM A 12 ANOS EM TESTE DE PROGÊNIES DE <i>Pinus maximinoi</i> DE PRIMEIRA GERAÇÃO EM TELÊMACO BORBA-PR (RF IMBAUZINHO). ....	35
TABELA 1.6 - ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA DADOS DE DAP (cm) E ALTURA (m) ENTRE CINCO A 15,6 ANOS EM TESTE DE PROGÊNIES DE <i>Pinus maximinoi</i> DE PRIMEIRA GERAÇÃO EM TELÊMACO BORBA-PR (RF AGRONOMIA). ....	36
TABELA 1.7 - ESTIMATIVAS DE CORRELAÇÕES GENÉTICAS PARA DADOS DE DAP (cm), ALTURA (m) E VOLUME INDIVIDUAL (m <sup>3</sup> ) ENTRE UM A 12 ANOS, EM UM TESTE DE PROGÊNIES DE <i>Pinus maximinoi</i> DE PRIMEIRA GERAÇÃO EM TELÊMACO BORBA-PR (RF IMBAUZINHO). ....	38

TABELA 1.8 - ESTIMATIVAS DE CORRELAÇÕES GENÉTICAS PARA DADOS DE DAP (cm) AOS CINCO ANOS E DAP (cm), ALTURA (m) E VOLUME INDIVIDUAL (m <sup>3</sup> ) AOS OITO E 15,6 ANOS EM TESTE DE PROGÊNIES DE <i>Pinus maximinoi</i> DE PRIMEIRA GERAÇÃO EM TELÊMACO BORBA-PR (RF AGRONOMIA) .....	38
TABELA 1.9 - ESTIMATIVAS DE GANHOS GENÉTICOS EM DAP, ALTURA E VOLUME INDIVIDUAL (Vi) AOS CINCO E 12 ANOS, COM O DESBASTE E TRANSFORMAÇÃO DE UM TESTE DE PROGÊNIES DE <i>Pinus maximiminoi</i> EM POMAR DE SEMENTES POR MUDAS, EM TELÊMACO BORBA-PR (RF IMBAUZINHO). ....	40
TABELA 1.10 - ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA DADOS DE DAP (cm) E ALTURA (m) AOS CINCO ANOS EM TRÊS TESTES DE PROGÊNIES DE <i>Pinus maximinoi</i> DE SEGUNDA GERAÇÃO EM TELÊMACO BORBA-PR.....	43
TABELA 1.11 - ANÁLISE CONJUNTA E ANÁLISE PAR A PAR DE TRÊS TESTES DE PROGÊNIES DE SEGUNDA GERAÇÃO DE <i>Pinus maximinoi</i> PARA AVALIAÇÃO DA CORRELAÇÃO GENÉTICA ENTRE LOCAIS, EM TELÊMACO BORBA-PR.....	44
TABELA 1.12 - COMPARATIVO DE GANHOS ESTIMADOS PARA DAP E ALTURA AOS CINCO ANOS A PARTIR DA AMOSTRAGEM DE 109 PROGÊNIES DE UM POMAR DE SEMENTES POR MUDAS DE PRIMEIRA GERAÇÃO E GANHOS EFETIVAMENTE REALIZADOS NOS TESTES DE PROGÊNIES DE SEGUNDA GERAÇÃO DE <i>Pinus maximinoi</i> EM TELÊMACO BORBA-PR.....	45
TABELA 1.13 - EFEITOS GENÉTICOS ADITIVOS E GANHOS COM A SELEÇÃO DE 20 FAMÍLIAS NÃO APARENTADAS DE <i>Pinus maximinoi</i> , ESTIMADOS A PARTIR DE ANÁLISE CONJUNTA DE TRÊS EXPERIMENTOS DE SEGUNDA GERAÇÃO AOS CINCO ANOS, EM TELÊMACO BORBA-PR.....	46

TABELA 2.1 - ESTIMATIVAS DE PORCENTAGEM DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES CHEIAS, A PARTIR DA DENSIDADE APARENTE DOS CONES DE <i>Pinus maximinoi</i> EM TELÊMACO BORBA-PR. ....	68
TABELA 3.1 - RELAÇÃO DE TRATAMENTOS APLICADOS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>Pinus maximinoi</i> EM TELÊMACO BORBA-PR. ....	79
TABELA 3.2 - INFORMAÇÕES TÉCNICAS DOS TIPOS DE RECIPIENTES UTILIZADOS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>Pinus maximinoi</i> EM TELÊMACO BORBA-PR. ....	80
TABELA 3.3 – COMPOSIÇÃO DE NUTRIENTES EM SOLUÇÕES NUTRITIVAS UTILIZADAS PARA FERTILIZAÇÃO DE MINIJARDIM CLONAL E MUDAS DE <i>Pinus maximinoi</i> EM TELÊMACO BORBA-PR. ....	81
TABELA 3.4 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA EM ESQUEMA FATORIAL TRIPLO, CONSIDERANDO AS VARIÁVEIS AVALIADAS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>Pinus maximinoi</i> AOS 230 DIAS EM TELÊMACO BORBA-PR. ....	85
TABELA 3.5 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS PARA AS VARIÁVEIS SEM INTERAÇÃO SIGNIFICATIVA ENTRE OS FATORES ANALISADOS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>Pinus maximinoi</i> AOS 230 DIAS EM TELÊMACO BORBA-PR. ....	86
TABELA 3.6 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS PARA AS VARIÁVEIS QUE APRESENTARAM INTERAÇÃO SIGNIFICATIVA ENTRE OS FATORES TIPO DE RECIPIENTE E MÉTODO DE PROPAGAÇÃO, NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>Pinus maximinoi</i> AOS 230 DIAS EM TELÊMACO BORBA-PR. ....	87
TABELA 3.7 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS PARA AS VARIÁVEIS QUE APRESENTARAM INTERAÇÃO SIGNIFICATIVA ENTRE OS FATORES TIPO DE RECIPIENTE E ABERTURA LATERAL, NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>Pinus maximinoi</i> AOS 230 DIAS EM TELÊMACO BORBA-PR. ....	87



TABELA 4.1 - RELAÇÃO DE TRATAMENTOS UTILIZADOS NA INSTALAÇÃO DE TESTE DE <i>Pinus maximinoi</i> EM CAMPO EM TELÊMACO BORBA-PR E VALORES MÉDIOS DE DIÂMETRO DO COLO (mm) E ALTURA (cm) DAS MUDAS AOS 230 DIAS DE PRODUÇÃO EM VIVEIRO. .....	101
TABELA 4.2 - DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS MENSURADAS EM CADA ETAPA DA CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO DE <i>Pinus maximinoi</i> IMPLANTADO EM TELÊMACO BORBA-PR. ....	103
TABELA 4.3 - TRATAMENTOS UTILIZADOS NA ANÁLISE A EM ESQUEMA FATORIAL TRIPLO (SEM PAPERPOT). ....	108
TABELA 4.4 - TRATAMENTOS UTILIZADOS NA ANÁLISE B EM ESQUEMA FATORIAL DUPLO, SOMENTE PARA TRATAMENTOS COM ABERTURAS LATERAIS. ....	109
TABELA 4.5 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA CONSIDERANDO AS VARIÁVEIS SOBREVIVÊNCIA (%) AOS 1 E 34 MESES DO EXPERIMENTO DE <i>Pinus maximinoi</i> IMPLANTADO EM TELÊMACO BORBA-PR. ....	110
TABELA 4.6 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS PARA A VARIÁVEL SOBREVIVÊNCIA NO 1º MÊS, CONSIDERANDO A INTERAÇÃO ENTRE OS FATORES RECIPIENTE X ABERTURAS LATERAIS (ANÁLISE A), DO EXPERIMENTO DE <i>Pinus maximinoi</i> IMPLANTADO EM TELÊMACO BORBA-PR. ....	111
TABELA 4.7 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS PARA SOBREVIVÊNCIA NO 1º MÊS, CONSIDERANDO A INTERAÇÃO ENTRE OS FATORES PROPAGAÇÃO X RECIPIENTE X ABERTURAS LATERAIS (ANÁLISE A), DO EXPERIMENTO DE <i>Pinus maximinoi</i> IMPLANTADO EM TELÊMACO BORBA-PR. ....	112
TABELA 4.8 - COMPARAÇÃO PARA SOBREVIVÊNCIA NO 1º MÊS, CONSIDERANDO SOMENTE RECIPIENTES COM ABERTURAS LATERAIS (ANÁLISE B), DO EXPERIMENTO DE <i>Pinus maximinoi</i> IMPLANTADO EM TELÊMACO BORBA-PR. ....	113

TABELA 4.9 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA CONSIDERANDO AS VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO AOS 34 MESES, DO EXPERIMENTO DE <i>Pinus maximinoid</i> IMPLANTADO EM TELÊMACO BORBA-PR. ....	116
TABELA 4.10 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA CONSIDERANDO AS VARIÁVEIS DE NOTAS E MASSA DE RAÍZES AOS 35 MESES, DO EXPERIMENTO DE <i>Pinus maximinoid</i> IMPLANTADO EM TELÊMACO BORBA-PR...	117
TABELA 4.11 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS PARA AS VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO AOS 34 MESES, DO EXPERIMENTO DE <i>Pinus maximinoid</i> IMPLANTADO EM TELÊMACO BORBA-PR. ....	118
TABELA 4.12 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS PARA AS VARIÁVEIS DE NOTAS E MASSA DE RAÍZES AOS 35 MESES, DO EXPERIMENTO DE <i>Pinus maximinoid</i> IMPLANTADO EM TELÊMACO BORBA-PR. ....	119
TABELA 4.13 - COMPARAÇÃO (ANÁLISE B), CONSIDERANDO TRATAMENTOS COM ABERTURAS LATERAIS, PARA AS VARIÁVEL RAÍZES PRINCIPAIS (COM INTERAÇÃO), DO EXPERIMENTO DE <i>Pinus maximinoid</i> IMPLANTADO EM TELÊMACO BORBA-PR. ....	119

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL .....	18
REFERÊNCIAS .....	20

## CAPÍTULO 1

MELHORAMENTO GENÉTICO DE <i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore: AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS GENÉTICOS DE CARACTERES DE CRESCIMENTO E GANHOS DE SELEÇÃO EM POPULAÇÃO DE MELHORAMENTO DE PRIMEIRA E SEGUNDA GERAÇÃO. ....	22
--	----

RESUMO .....	22
--------------	----

ABSTRACT .....	23
----------------	----

1.1 INTRODUÇÃO .....	24
----------------------	----

1.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	26
------------------------------	----

1.2.1 Testes de procedências e progênies de primeira geração.....	26
---	----

1.2.2 Testes de progênies de segunda geração .....	27
--	----

1.2.3 Análise dos dados .....	28
-------------------------------	----

1.2.3.1 Análise dos testes de procedências e progênies de primeira geração.....	29
---	----

1.2.3.2 Análise dos testes de progênies de segunda geração .....	32
--	----

1.2.3.3 Tamanho efetivo populacional .....	34
--	----

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	35
----------------------------------	----

1.3.1 Testes de procedências e progênies de primeira geração .....	35
--	----

1.3.2 Ganhos genéticos na transformação do teste de procedências e progênies de primeira geração em Pomar de Sementes por Mudas .....	40
---	----

1.3.3 Testes de progênies de segunda geração .....	42
--	----

1.3.4 Interação genótipo x ambiente .....	44
---	----

1.3.5 Ganhos estimados x ganhos realizados .....	45
--	----

1.3.6 Ganhos adicionais com a seleção das melhores famílias de primeira geração .....	46
---	----

1.4 CONCLUSÕES .....	49
----------------------	----

1.5 REFERÊNCIAS .....	50
-----------------------	----

## CAPÍTULO 2

<b>AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE ÉPOCAS DE COLETA E DENSIDADE APARENTE DE CONES NA QUALIDADE DE SEMENTES DE <i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore.</b>	<b>54</b>
--	-----------

<b>RESUMO</b>	<b>54</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>55</b>
2.1 INTRODUÇÃO	56
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	58
2.2.1 <i>Amostragens de cones</i>	58
2.2.2 <i>Análise de germinação de sementes</i>	59
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
2.4 CONCLUSÕES	71
2.5 REFERÊNCIAS	72

## CAPÍTULO 3

<b>INFLUÊNCIA DO MÉTODO DE PROPAGAÇÃO E TIPOS DE RECIPIENTES NA QUALIDADE DE MUDAS DE <i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore.</b>	<b>75</b>
---	-----------

<b>RESUMO</b>	<b>75</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>76</b>
3.1 INTRODUÇÃO	77
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	79
3.2.1 <i>Produção de mudas via miniestaquia</i>	82
3.2.2 <i>Produção de mudas via sementes</i>	82
3.2.3 <i>Agrupamento no delineamento estatístico definitivo</i>	83
3.2.4 <i>Avaliações e análise de dados</i>	83
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	85
3.3.1 <i>Método de Propagação</i>	88
3.3.2 <i>Tipo de Recipiente</i>	89
3.3.3 <i>Aberturas Laterais</i>	91
3.4 CONCLUSÕES	93

3.5 REFERÊNCIAS .....	94
-----------------------	----

## **CAPÍTULO 4**

<b>INFLUÊNCIA DO MÉTODO DE PROPAGAÇÃO E TIPOS DE RECIPIENTES NO CRESCIMENTO INICIAL DE <i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore EM CAMPO. ....</b>	<b>96</b>
--	-----------

<b>RESUMO .....</b>	<b>96</b>
---------------------	-----------

<b>ABSTRACT .....</b>	<b>97</b>
-----------------------	-----------

4.1 INTRODUÇÃO .....	98
----------------------	----

4.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	100
------------------------------	-----

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	110
----------------------------------	-----

4.3.1 <i>Sobrevivência</i> .....	110
----------------------------------	-----

4.3.2 <i>Variáveis de crescimento e avaliação de raízes</i> .....	116
---	-----

4.3.3 <i>Método de Propagação</i> .....	120
---	-----

4.3.4 <i>Tipos de Recipientes</i> .....	121
---	-----

4.3.5 <i>Aberturas Laterais</i> .....	123
---------------------------------------	-----

4.4 CONCLUSÕES .....	125
----------------------	-----

4.5 REFERÊNCIAS .....	126
-----------------------	-----

<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>129</b>
-----------------------------------	------------

<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>130</b>
--------------------------	------------



## INTRODUÇÃO GERAL

*Pinus maximinoi* H. E. Moore é a segunda espécie arbórea mais comum da América Central, sendo uma árvore de médio a grande porte, que atinge entre 15 a 42 m de altura e diâmetro a altura do peito entre 40 a 100 cm na maturidade, apresentando fustes retilíneos. As acículas possuem de 15 a 28 cm de comprimento, com coloração verde-claro, suavemente pendentes, ocorrendo em fascículos de cinco unidades (DVORAK et al., 2000, p. 107).

Ocorre naturalmente na região sul do México, na Guatemala, em Honduras, em El Salvador e no norte da Nicarágua, em altitudes que variam de 600 m a 2400 m, em áreas com precipitação anual de 900 mm a 2200 mm (preferencialmente acima de 1200 mm), com uma estação seca bem definida de novembro a abril (DVORAK et al., 2000, p. 107).

Apresenta madeira de densidade moderada, comparativamente a maioria dos pinus tropicais, podendo ser usada para construção civil e uma grande variedade de outros produtos de madeira, celulose e papel, sendo que a qualidade da madeira é similar a outras espécies de pinus tradicionalmente cultivadas (WRIGHT; WESSELS, 1992, p. 42; WRIGHT; BAYLIS, 1993, p. 40; DVORAK et al., 2000, p. 108; KLOCK et al., 2004, p. 42; MALAN, 2006, p. 46; IWAKIRI et al., 2012, p. 320).

A espécie vem sendo testada para plantios fora de sua área de ocorrência natural, principalmente pela cooperativa de melhoramento genético CAMCORE (Universidade da Carolina do Norte - EUA), que amostrou 26 procedências e 856 matrizes em sua região origem, estabelecendo 47 testes de procedência e progênes em áreas de cooperados no Brasil, Colômbia, Honduras, México, África do Sul, Venezuela e Zimbábue. As procedências com melhor desempenho nos países testados foram La Cañada (Chiapas), México; San Gerónimo, Guatemala; Dulce Nombre de Copán e Tatumbla, Honduras (DVORAK et al., 2000, p. 107).

Segundo Dvorak et al. (2000, p. 107) a espécie se desenvolve bem e apresenta grande potencial para ser plantada nos planaltos do centro-sul do Brasil, em São Paulo e no Paraná (latitudes 20°S a 24°S) em altitudes de aproximadamente 800 metros. Etori et al. (2004, p. 4) recomendam a utilização da espécie para plantios comerciais na região de Angatuba-SP por identificar que a mesma apresenta boa adaptação e crescimento na região, sendo que Fritzsons et al. (2012, p. 84) também recomendam seu plantio na região do Estado de São Paulo entre Avaré, Angatuba e Itararé.

Diversos trabalhos desenvolvidos a partir de plantios experimentais confirmam o potencial da espécie para o estado do Paraná. Fritzson et al. (2013, p. 5) recomendam o plantio no norte do Estado. Fier (2001, p. 29) mostra que *Pinus maximinoi* apresentou incremento volumétrico 49% superior quando comparado ao *Pinus taeda* L. aos oito anos de idade, plantado em Telêmaco Borba-PR. Sampaio (1996, p.130) também constatou crescimento superior de *Pinus maximinoi* comparado ao *Pinus taeda* em condições similares em Tibagi-PR, apresentando 40% de superioridade em altura aos cinco anos de idade. Gapari, Hodge e Dvorak (2001, p. 159) verificaram o dobro de crescimento volumétrico de *Pinus maximinoi* comparado ao *Pinus taeda* em Jaguariaíva-PR, enquanto Klock (2000, p. 155) constatou crescimento 35,4% superior em Ventania-PR.

Desta forma, verifica-se o grande potencial do *Pinus maximinoi* para plantios florestais voltados para produção de madeira de rápido crescimento. Entretanto, a baixa disponibilidade de sementes melhoradas geneticamente somados a problemas de sobrevivência em campo devido a problemas de qualidade de mudas são gargalos à sua utilização em plantios de larga escala. Com isso, o presente trabalho teve como objetivos: avaliar parâmetros genéticos e estimar ganhos de produtividade volumétrica de madeira com a aplicação de técnicas de melhoramento genético; estudar a maturação fisiológica de sementes com a finalidade de aumentar seu potencial germinativo e vigor; avaliar os efeitos, em viveiro e campo, da produção de mudas em diferentes tipos de recipientes, utilizando diferentes métodos de propagação.

Este trabalho está dividido em quatro capítulos, abordando os seguintes temas:

Capítulo 1 - Melhoramento genético de *Pinus maximinoi* H. E. Moore: avaliação de parâmetros genéticos de caracteres de crescimento e ganhos de seleção em população de melhoramento de primeira e segunda geração.

Capítulo 2 - Avaliação da influência de épocas de coleta e densidade aparente de cones na qualidade de sementes de *Pinus maximinoi* H. E. Moore.

Capítulo 3 - Influência do método de propagação e tipos de recipientes na qualidade de mudas de *Pinus maximinoi* H. E. Moore.

Capítulo 4 – Influência do método de propagação e tipos de recipientes no crescimento inicial de *Pinus maximinoi* H. E. Moore em campo.

## REFERÊNCIAS

- DVORAK, W.S.; GUTIÉRREZ, E.A.; GAPARE, W.J.; HODGE, G.R.; OSORIO, L.F.; BESTER, C.; KIKUTI, P. *Pinus maximinoi*. In: **Conservation & testing of tropical & subtropical forest tree species**. CAMCORE Cooperative, College of Natural Resources, NCSU. Raleigh, p. 107-127, 2000.
- ETTORI, L. de C.; SATO, A. S.; SHIMIZU, J. Y. Variação genética em procedências e progênes mexicanas de *Pinus maximinoi*. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 1-9, jun. 2004.
- FIER, I. S. N, **Variação genética e métodos de melhoramento para *Pinus maximinoi* H. Moore em Telêmaco Borba (PR)**. 46 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.
- FRITZSON, E.; AGUIAR, A. V.; FREITAS, M. L. M.; WREGE, M. S.; MANTOVANI, L. E. Zoneamento climático para plantio experimental de *Pinus maximinoi* no Estado de São Paulo. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 69, p.79-92, jan./mar. 2012.
- FRITZSON, E.; AGUIAR, A. V.; MANTOVANI, L. E.; BOGNOLA, I. A. **Comunicado técnico 314: Zoneamento de *Pinus maximinoi* para o estado do Paraná. nico 314**. Colombo: EMBRAPA-PR, 2013. Relatório técnico.
- GAPARE, W. J.; HODGE, G. R.; DVORAK, W. S. Genetic parameters and provenance variation of *Pinus maximinoi* in Brazil, Colombia and South Africa. **Forest Genetics**, v. 28, n. 2, p. 159-170, 2001.
- IWAKIRI, S.; MANHÇA, A. A., RAMIREZ, M. G. L., MATOS, J. L. M., BONDUELLE, G. M., PRATA, J. G. Avaliação da qualidade de painéis compensados de *Pinus maximinoi*, *Pinus oocarpa* e *Pinus tecunumannii* com diferentes composições estruturais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 2, p. 315-321, abr.-jun., 2012.
- KLOCK, U. **Qualidade da Madeira Juvenil de *Pinus maximinoi* H. E. Moore**. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.
- KLOCK, U.; ANDRADE, A. S.; BITTENCOURT, E.; MOCELIN, E. Z.; CREPALDI, C. Propriedades do papel kraft a partir da madeira juvenil de *Pinus maximinoi* H.E. Moore e *Pinus taeda* L. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 1, p. 33-44, jan/abr, 2004.
- MALAN, F. S. The wood properties and sawn-board quality of South African-grown *Pinus maximinoi* (HE Moore). **Southern African Forestry Journal**. v. 208, p. 39-47, 2006.
- SAMPAIO, P. de T.B. **Variação genética entre procedências e progênes de *Pinus oocarpa* Schiede, *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. & Golf, e *Pinus maximinoi* H. E. Moore e métodos de seleção para melhoramento genético**. 169 p. (Tese de Doutorado) - Setor de Ciências Agrárias, UFPR, Curitiba, 1996.
- WRIGHT, J. A.; BAYLIS, B. Volume, pulp and paper-making traits of *Pinus maximinoi* provenances planted at two sites in South Africa. **South African Forestry Journal**, n. 165, p. 37- 40, junho, 1993.

WRIGHT, J.A. WESSELS, A. Laboratory scale pulping of *Pinus pseudostrobus*, *P. maximinoi* and *P. patula*. **IPEF International**. Piracicaba, v. 2, p. 39-44, 1992.

## CAPÍTULO 1

### MELHORAMENTO GENÉTICO DE *Pinus maximinoi* H. E. Moore: AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS GENÉTICOS DE CARACTERES DE CRESCIMENTO E GANHOS DE SELEÇÃO EM POPULAÇÃO DE MELHORAMENTO DE PRIMEIRA E SEGUNDA GERAÇÃO

#### RESUMO

*Pinus maximinoi* H. E. Moore é uma espécie arbórea de rápido crescimento, originária da América Central e apresenta alto desenvolvimento volumétrico no Norte do Estado do Paraná, Brasil. Comparativamente a espécies de *Pinus* spp. tradicionalmente plantadas, o nível de melhoramento genético é baixo e com pouca disponibilidade de materiais genéticos melhorados para o plantio em larga escala. O presente estudo visou estimar parâmetros genéticos em progênies de *Pinus maximinoi* para caracteres de crescimento em Telêmaco Borba-PR e a comparação dos ganhos genéticos preditos na primeira geração com o desempenho da segunda geração. Dois testes de procedências e progênies de primeira geração instalados a partir de sementes coletadas em 69 árvores selecionadas fenotipicamente em florestas nativas (seleção massal), foram avaliados em distintas idades, com dados de crescimento coletados entre um a 15,6 anos de idade. Um teste foi desbastado e transformado em Pomar de Sementes por Mudas (PSM) e sementes foram coletadas para instalação de três testes de progênies de segunda geração, sendo mensurados o diâmetro a altura do peito (DAP a 1,30 m do solo) e altura total aos cinco anos de idade. Não foram identificadas diferenças estatisticamente significativas entre procedências para os caracteres avaliados. Análises entre diferentes idades evidenciaram a possibilidade de realização de seleção precoce aos cinco anos de idade, apresentando correlação genética de 0,78 para a variável DAP aos 15,6 anos. O ganho estimado em volume com a instalação do PSM foi de 14,8% aos cinco anos e 12,0% aos 12 anos. Os ganhos volumétricos estimados foram efetivamente evidenciados nos testes de progênies de segunda geração. Foi identificada significância na interação genótipo x ambiente entre os três locais dos testes de segunda geração, sendo que a seleção conjunta de 10 ou 20 famílias não aparentadas para os três locais simultaneamente gera um ganho volumétrico adicional estimado aos cinco anos de 14,7% e 10,4% respectivamente, ao utilizar sementes coletadas somente destas matrizes do PSM de primeira geração, ou instalação de um Pomar Clonal de Sementes de primeira geração testado. A variabilidade genética dos testes de segunda geração indica a possibilidade de obtenção de ganhos genéticos adicionais para o próximo ciclo de melhoramento (coeficiente de variação genética aditiva individual ( $CV_{gi}$ ) variando de 9,2% a 11,1% para DAP e 4,8% a 6,7% para Altura). Entretanto, a variabilidade genética teve diminuição expressiva entre a primeira e a segunda geração, indicando que estratégias de seleção que mantenham a variabilidade genética são importantes para viabilização de ganhos ao longo dos ciclos de melhoramento, assim como introdução de novas fontes de variabilidade são essenciais.

Palavras-chave: *Pinus* tropical. Melhoramento genético. Ganhos genéticos.



# GENETIC IMPROVEMENT OF *Pinus maximinoi* H. E. Moore: EVALUATION OF GENETIC PARAMETERS OF GROWTH CHARACTERS AND SELECTION GAINS IN BREEDING POPULATION OF FIRST AND SECOND GENERATION

## ABSTRACT

*Pinus maximinoi* H. E. Moore is a fast growing tree species originated from Central America and presents a high volumetric development in the North of Paraná, Brazil. Comparatively with *Pinus* spp. species traditionally planted, the level of genetic improvement is low and there is little availability of improved genetic material for large scale planting. The present study aimed to estimate genetic parameters in *Pinus maximinoi* progenies for growth characters in Telêmaco Borba-PR and the comparison of genetic gains predicted in first generation with the second generation performance. Two first generation provenance and progenies tests were installed from seeds collected in 69 trees phenotypically selected in native forests (mass selection), were evaluated at different ages, with growth data collected between one and 15.6 years of age. One of the tests was thinned and transformed into a Seedling Seed Orchard (SSO) and seeds were collected for the installation of three second generation progenies tests, being measured the Diameter at Breast Height (DBH- 1.30 m from the ground) and height at five years of age. There was no statistically differences between the provenances, for the characters evaluated. Analysis between different ages showed a possibility of early selection at five years of age, presenting a genetic correlation of 0.78 for the DBH variable at 15.6 years old. The estimated gain in volume with the installation of SSO was 14.8% at five years old and 12.0% at 12 years old. The estimated volumetric gains were effectively evidenced in the second generation progeny tests. Significance was identified in the genotype x environment interaction, between the three sites of the second generation tests, and the combined selection of 10 or 20 unrelated families for the three sites simultaneously generates an estimated additional volumetric gain at five years old of 14.7% and 10.4% respectively, when using seeds collected only from the trees of the first generation from the SSO, or an installation of a tested first generation Clonal Seed Orchard. The genetic variability of the second generation tests indicates the possibility of additional genetic gains for the next improvement cycle (additive genetic coefficient of variation ( $CV_{gi}$ ) ranging from 9.2% to 11.1% for DBH and 4.8% to 6.7% for height). However, the genetic variability suffered an expressive decrease between the first and second generation, indicating that selection strategies that maintain genetic variability are important for the viability of gains along the improvement cycles, as well as the introduction of new sources of variability are essential.

Key words: Tropical pine. Tree breeding. Genetic gains.

## 1.1 INTRODUÇÃO

A utilização de técnicas de melhoramento genético vem, há muitos anos, proporcionando o aumento da produtividade dos povoamentos florestais, com a seleção de genótipos de rápido crescimento, boa forma, propriedades físicas e mecânicas apropriadas, resistência a pragas e doenças e boa capacidade de adaptação a diversos ambientes ou a ambientes específicos (MORI, 1988, p. 3).

Os principais métodos de produção de sementes melhoradas geneticamente utilizados para espécies arbóreas são: Área de Coleta de Sementes (ACS), Área de Produção de Sementes (APS), Pomar de Sementes por Mudas (PSM) e Pomar Clonal de Sementes (PCS) (ZANI FILHO; BALLONI; KAGEYAMA, 1987, p. 2). Para tanto, a identificação dos genótipos superiores que farão parte de um programa de melhoramento genético é realizada por meio de seleção genética para os caracteres de interesse a partir de parâmetros genéticos estimados por técnicas de genética quantitativa (RESENDE, 2002, p. 38), sendo que o processo de seleção pode ser realizado entre famílias e entre indivíduos dentro de famílias (KAGEYAMA et al., 1977; SHIMIZU; SPIR, 1999, p. 111).

Dentre os principais procedimentos para a estimativa dos parâmetros genéticos, destaca-se a análise de variância (ANOVA), em que os componentes de variância são obtidos pela decomposição dos quadrados médios com base nas suas esperanças matemáticas, e pelo procedimento REML/BLUP - máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada (HENDERSON, 1973, p. 12, 1975, p. 424; CRUZ; CARNEIRO, 2003, p. 77, 210). No melhoramento de plantas, o procedimento de máxima verossimilhança restrita, também conhecida genericamente como metodologia de modelos mistos, é atualmente o procedimento mais adequado por apresentar estimativas mais acuradas para dados desbalanceados, sendo o mais utilizado em programas de melhoramento genético de espécies perenes (RESENDE, 2007a, p. 21).

Embora ainda pouco plantado operacionalmente, trabalhos vem sendo desenvolvidos com *Pinus maximinoi* a nível experimental, por iniciativa da cooperativa CAMCORE e seus membros (DVORAK et al, 2000, p. 107). Resultados de experimentos confirmam o alto potencial da espécie para plantios no norte do Estado do Paraná, apresentando crescimento volumétrico entre 35% a 50% superior ao *Pinus taeda* L. (FIER, 2001, p. 29; SAMPAIO, 1996, p. 130; GAPARI; HODGE; DVORAK,

2001, p. 159; KLOCK, 2000, p. 155). A espécie também produz madeira adequada para diversas utilizações, incluindo madeira serrada, painéis, celulose e papel (WRIGHT; WESSELS, 1992, p. 42; WRIGHT; BAYLIS, 1993, p. 40; DVORAK et al., 2000, p. 108; KLOCK et al., 2004, p. 42; MALAN, 2006, p. 46; IWAKIRI et al., 2012, p. 320).

Estudos desenvolvidos a partir de testes de progênies de *Pinus maximinoi* de primeira geração demonstram a existência de variabilidade genética para caracteres de crescimento, apontando a possibilidade de obtenção de ganhos de produtividade com a aplicação de técnicas de melhoramento genético (CROCKFORD et al, 1991, p. 213; WRIGHT; OSORIO; LAMBETH, 1993, p. 316; GAPARE; HODGE; DVORAK, 2001, p. 168; ETTORI; SATO; SHIMIZU, 2004, p. 5).

O presente trabalho foi desenvolvido com base em dados obtidos em testes de progênies de primeira e segunda geração de *Pinus maximinoi* em Telêmaco Borba-PR, sendo que os objetivos foram:

Avaliar a existência de diferenças genéticas entre procedências para caracteres de crescimento.

Estimar parâmetros genéticos em populações de primeira e segunda gerações.

Avaliar a possibilidade de realização de seleção precoce para caracteres de crescimento.

Avaliar existência de interação genótipo x ambiente entre três testes de progênies de segunda geração.

Estimar ganhos genéticos com a transformação de um teste de progênies de primeira geração em Pomar de Sementes por Mudas e avaliar se os ganhos estimados foram obtidos na população de segunda geração.

Avaliar se a variabilidade genética da população de segunda geração é adequada para obtenção de ganhos genéticos no ciclo de melhoramento seguinte.

## 1.2 MATERIAL E MÉTODOS

Para o presente estudo foram utilizados dados de dois testes de procedências e progênes de primeira geração de *Pinus maximinoi* e três testes de progênes de segunda geração, instalados em Telêmaco Borba-PR, descritos a seguir.

### 1.2.1 Testes de procedências e progênes de primeira geração

Na década de 1980 a cooperativa CAMCORE, com sede na NCSU (*North Carolina State University*) realizou um grande trabalho de seleção fenotípica de árvores de *P. maximinoi* em sua área de ocorrência natural, em florestas nativas na América Central. Sementes de polinização aberta de 69 árvores matrizes provenientes de nove procedências de Honduras, Guatemala e México foram utilizadas para instalação de dois testes de procedências e progênes (TABELA 1.1).

TABELA 1.1: INFORMAÇÕES DAS PROCEDÊNCIAS UTILIZADAS E DISTRIBUIÇÃO DAS PROGÊNES DE POLINIZAÇÃO ABERTA DE *Pinus maximinoi* IMPLANTADAS NOS TESTES DE PROCEDÊNCIAS E PROGÊNES DE PRIMEIRA GERAÇÃO EM TELÊMACO BORBA-PR.

Procedência	Estado, País	Latitude (N)	Longitude (W)	Altitude (m)	Precipitação <sup>1</sup> (mm)	Nº de progênes por teste	
						Imbauzinho	Agronomia
Coban	Alta Verapaz, Guatemala	15°28'	90°24'	1420-1440	2109	13	
San Jeronimo	Baja Verapaz, Guatemala	15°04'	90°14'	1280-1590	970	9	1
San Juan Sacatepequez	Guatemala, Guatemala	14°41'	90°38'	1580-2000	1138	14	2*
Dulce Nombre de Copan	Copan, Honduras	14°50'	88°51'	1100-1300	1386		2
Marcala	La Paz, Honduras	14°10'	88°01'	1600-1800	1671	8	
Tatumbula	Fco Morazam, Honduras	14°01'	87°07'	1400-1600	908	13	
Altamirano	Chiapas, México	16°43'	92°03'	1280-1350	1750		3
San Jeronimo	Chiapas, México	17°09'	92°08'	940-1020	1750		5
Coapilla	Chiapas, México	17°17'	93°09'	1300	1250		1
Total						57	14

\*progênes em comum nos dois testes; <sup>1</sup>precipitação média anual

FONTE: o autor (2017).

Os testes de procedências e progênes foram instalados na Fazenda Monte Alegre, de propriedade da Klabin S.A., em Telêmaco Borba, Estado do Paraná, nas Regiões Florestais (RF) denominadas Imbauzinho e Agronomia (TABELA 1.2). O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com parcelas lineares de seis plantas e nove repetições por local.

TABELA 1.2: INFORMAÇÕES SOBRE OS LOCAIS DE INSTALAÇÃO DOS TESTES DE PROCEDÊNCIAS E PROGÊNIAS DE POLINIZAÇÃO ABERTA DE *Pinus maximinoi* DE PRIMEIRA GERAÇÃO, IMPLANTADOS EM TELÊMACO BORBA-PR.

Região Florestal	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)	Data de plantio	Espaçamento (m)
Imbauzinho	24°16'10"	50°38'25"	780	17/05/1990	3,0 x 3,0
Agronomia	24°24'30"	50°30'30"	780	30/09/1996	3,0 x 2,5

FONTE: o autor (2017).

O solo dos dois locais onde foram instalados os testes está classificado como LVd3 – Latossolo Vermelho Distrófico, típico ou câmbissólico, A moderado ou proeminente, campo, relevo suave ondulado e ondulado, textura argilosa e muito argilosa (KLABIN, 2017).

O experimento instalado na RF Imbauzinho foi mensurado aos um, dois, três, cinco, oito, 10 e 12 anos e o instalado na RF Agronomia foi mensurado aos cinco, oito e 15,6 anos de idade. Foram coletados dados de Circunferência à Altura do Peito (1,30 m de altura) a partir do terceiro ano (transformados para Diâmetro à Altura do Peito - DAP) e Altura total para todas as datas de mensuração.

### 1.2.2 Testes de progênies de segunda geração

No ano de 2002, aos 12 anos de idade, o experimento RF Imbauzinho foi desbastado de acordo com valores genéticos aditivos individuais preditos (BLUP) para diâmetro à altura do peito e transformado em um Pomar de Sementes por Mudas (PSM), com um remanescente de 310 árvores matrizes. Em 2011 sementes de polinização aberta de 109 matrizes foram coletadas e em maio de 2012 testes de progênies de segunda geração foram instalados em três locais no município de Telêmaco Borba-PR, de acordo com a TABELA 1.3. O delineamento experimental utilizado nos testes foi blocos ao acaso, com uma planta por parcela e 20 repetições por local.

TABELA 1.3: INFORMAÇÕES SOBRE OS LOCAIS DE INSTALAÇÃO DE TRÊS TESTES DE PROGÊNIAS DE POLINIZAÇÃO ABERTA DE *Pinus maximinoi* DE SEGUNDA GERAÇÃO EM TELÊMACO BORBA-PR.

Região Florestal	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)	Data de plantio	Espaçamento (m)	Nº de progênies
Cerradinho	24°18'10"	50°21'19"	896	02/05/2012	3,0 x 2,5	109
Imbauzinho	24°15'29"	50°40'06"	754	07/05/2012	3,0 x 2,5	101
Mirandinha	24°21'07"	50°27'35"	887	15/05/2012	3,0 x 2,5	85

FONTE: o autor (2017).



Para instalação dos testes, os terrenos foram preparados por meio de subsolagem para descompactação do solo e as mudas foram mantidas livres de mato competição com a utilização de herbicidas pós emergentes quando necessário. Também foi realizado o controle de formigas cortadeiras com o uso de iscas formicidas sempre que necessário.

As informações do mapeamento de solos dos locais de instalação dos experimentos podem ser verificadas na TABELA 1.4.

TABELA 1.4: INFORMAÇÕES DOS SOLOS NOS LOCAIS DE INSTALAÇÃO DOS TESTES DE PROGÊNIES DE *Pinus maximinoi* DE SEGUNDA GERAÇÃO EM TELÊMACO BORBA-PR.

Experimento	Solo
Cerradinho	LVd3 - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, típico ou câmbissólico, A moderada ou proeminente, campo, relevo suave ondulado e ondulado, textura argilosa e muito argilosa.
Imbauzinho	LVd1 - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, típico, A moderada ou A proeminente, floresta, relevo plano, suave ondulado, ondulado e forte ondulado textura argilosa e muito argilosa.
Mirandinha	Lvd4 - LATOSSOLO VERMELHO, textura média, campo, relevo suave ondulado e ondulado.

FONTE: KLABIN (2017).

Os três experimentos de segunda geração foram mensurados aos cinco anos de idade, sendo coletados dados de Circunferência à Altura do Peito (1,30 m de altura, transformados para Diâmetro à Altura do Peito - DAP) e Altura total das árvores.

### 1.2.3 Análise dos dados

Os dados de Circunferência à Altura do Peito (CAP) foram transformados para as análises de dados em Diâmetro à Altura do Peito (DAP) dividindo-os por  $\pi$  ( $\pi$ ).

Para o estudo de correlações genéticas também foram estimados volumes individuais de cada árvore utilizando um fator de forma empírico para todos os experimentos e idades. Desta forma,  $V_i = a \times h \times 0,45$ , onde  $V_i$  = volume individual da árvore em m<sup>3</sup>;  $a$  = área transversal à altura do peito (DAP) em m<sup>2</sup>;  $h$  = altura total da árvore em metros e 0,45 = fator de forma.

Para as análises de dados dos testes de primeira e segunda geração, foi assumido que as progênies eram de meias-irmãs, por serem provenientes de sementes de polinização aberta.

Para a estimativa de parâmetros genéticos as variáveis foram analisadas usando a metodologia de modelo linear misto (univariado aditivo) – REML/BLUP utilizando o software SELEGEN-REML/BLUP (RESENDE, 2007a, p. 21). A descrição dos modelos utilizados para cada análise está relacionada na sequência.

### 1.2.3.1 *Análise dos testes de procedências e progênes de primeira geração*

Os parâmetros genéticos de cada experimento de primeira geração foram calculados utilizando o Modelo 1 do software SELEGEN-REML/BLUP.

Modelo 1: Avaliação de Indivíduos em Progênes de Meios Irmãos (ou Polinização Aberta em Espécies Alógamas), Várias Observações por Parcela, Blocos Completos, Avaliação em um local.

Modelo Estatístico:  $y = Xb + Za + Wc + e$ , em que  $y$  é o vetor de dados,  $b$  é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral,  $a$  é o vetor dos efeitos genéticos aditivos individuais (assumidos como aleatórios),  $c$  é o vetor dos efeitos de parcela, e  $e$  é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos (RESENDE, 2002, p. 497; 2007a, p.173; 2017b, p. 149).

Associados a este modelo, têm-se as seguintes distribuições e estruturas de média e variâncias:

$$\begin{aligned} y|b, V &\sim N(Xb, V) \\ a|A, \sigma_a^2 &\sim N(0, A\sigma_a^2) \\ c|\sigma_c^2 &\sim N(0, I\sigma_c^2) \\ e|\sigma_e^2 &\sim N(0, I\sigma_e^2) \end{aligned}$$

$$COV(a, c') = 0 \quad COV(a, e') = 0 \quad COV(c, e') = 0$$

ou seja:

$$E \begin{bmatrix} y \\ a \\ c \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Xb \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad e \quad Var \begin{bmatrix} y \\ a \\ c \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V & ZG & WC & R \\ GZ' & G & 0 & 0 \\ CW' & 0 & C & 0 \\ R & 0 & 0 & R \end{bmatrix}$$

Em que:

$$G = A \sigma_a^2$$

$$R = I \sigma_c^2$$

$$C = I \sigma_e^2$$

$$V = ZA \sigma_a^2 Z' + WI \sigma_c^2 W' + I \sigma_e^2 = ZGZ' + WCW' + R$$

Equações do modelo misto:

$$\begin{bmatrix} X'X & X'Z & X'W \\ Z'X & Z'Z + A^{-1}\lambda_1 & Z'W \\ W'X & W'Z & W'W + I\lambda_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{a} \\ \hat{c} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'y \\ Z'y \\ W'y \end{bmatrix}$$

Em que:

$$\lambda_1 = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_a^2} = \frac{1-h^2-c^2}{h^2}; \quad \lambda_2 = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_a^2} = \frac{1-h^2-c^2}{c^2}$$

Herdabilidade individual no sentido restrito no bloco:

$$h_2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_a^2 + \sigma_c^2 + \sigma_e^2}$$

Correlação devida ao ambiente comum da parcela:

$$C^2 = \frac{\sigma_c^2}{\sigma_a^2 + \sigma_c^2 + \sigma_e^2}$$

$\sigma_a^2$  = variância genética aditiva;

$\sigma_c^2$  = variância entre parcelas;

$\sigma_e^2$  = variância residual (ambiente dentro de parcelas + não aditiva);

A = matriz de correlação genética aditiva entre indivíduos em avaliação.

Para avaliação da existência de diferenças entre as procedências nos testes de procedências e progênies de primeira geração foi empregado o Modelo 5 do software SELEGEN-REML/BLUP (RESENDE, 2007a, p. 209).

Modelo 5: Avaliação de Indivíduos em Progênes de Meios Irmãos (ou Polinização Aberta em Espécies Alógamas), Várias Observações por Parcela, Avaliação em Várias Populações, Blocos Completos, em um Local.

Modelo Estatístico  $\mathbf{y} = \mathbf{Xb} + \mathbf{Za} + \mathbf{Wc} + \mathbf{Ts} + \mathbf{e}$ , em que  $\mathbf{y}$  é o vetor de dados,  $\mathbf{b}$  é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral,  $\mathbf{a}$  é o vetor dos efeitos genéticos aditivos individuais (assumidos como aleatórios),  $\mathbf{c}$  é o vetor dos efeitos de parcela (assumidos como aleatórios),  $\mathbf{s}$  é vetor dos efeitos de população ou procedência (aleatórios) e  $\mathbf{e}$  é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos. Ao Modelo 1 foi acrescentado o efeito de procedências (RESENDE, 2002, p. 412; 2007a, p. 209).

Com isso, os componentes de variância estimados foram:  $\sigma_a^2$ : variância genética aditiva;  $\sigma_{\text{parcela}}^2$ : variância ambiental entre parcelas;  $\sigma_e^2$ : variância residual (ambiental + não aditiva);  $\sigma_f^2$ : variância fenotípica individual;  $h_a^2$ : herdabilidade individual no sentido restrito, ou seja, dos efeitos aditivos;  $h_{aj}^2$ : herdabilidade individual no sentido restrito, ajustada para os efeitos de parcela;  $c_{\text{parcela}}^2$ : coeficiente de determinação dos efeitos de parcela;  $h_{mp}^2$ : herdabilidade da média de progênes, assumindo sobrevivência completa;  $Ac_{\text{prog}} = \sqrt{h_{mp}^2}$ : acurácia da seleção de progênes, assumindo sobrevivência completa;  $h_{ad}^2$ : herdabilidade aditiva dentro de parcela;  $CV_{gi}\%$ : coeficiente de variação genética aditiva individual;  $CV_{gp}\%$ : coeficiente de variação genotípica entre progênes;  $CV_e\%$ : coeficiente de variação residual;  $\hat{b} = CV_{gp}/CV_e$ : coeficiente de variação relativa (VENCOVSKY, 1978, p. 131);  $PEV$ : variância do erro de predição dos valores genotípicos de progênie, assumindo sobrevivência completa;  $SEP$ : desvio padrão do valor genotípico predito de progênie, assumindo sobrevivência completa; e média geral do experimento;

A estimativa das correlações genéticas entre as variáveis foi realizada utilizando o Modelo 102 do software SELEGEN-REML/BLUP (RESENDE, 2002, p. 45; 2007a, p. 334).

Correlações Genéticas, Matriz de Covariâncias e de Correlações:

$$\hat{r}_{x,y} = \frac{C\hat{O}V_{a(x,y)}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{a(x)}\hat{\sigma}_{a(y)}}}$$

$\hat{r}_{x,y}$  = Coeficiente de correlação genética aditiva entre as características x e y;

$C\hat{O}V_{a(x,y)}$  = covariância genética aditiva entre as características x e y;

$\hat{\sigma}_{a(x)}$  = variância genética aditiva da característica x;

$\hat{\sigma}_{a(y)}$  = variância genética aditiva da característica y;

### 1.2.3.2 Análise dos testes de progênies de segunda geração

A estimativa dos parâmetros genéticos para os testes de progênies de segunda geração foi realizada analisando-se cada um dos três testes de progênies individualmente, utilizando o Modelo 19 do software Selegen-Reml/Blup (RESENDE, 2007a, p. 158).

Modelo 19: Avaliação de Indivíduos em Progênies de Meios Irmãos (ou Polinização Aberta em Espécies Alógamas), Uma Observação por Parcela, Blocos Completos, Avaliação em um Local.

Modelo Estatístico  $\mathbf{y} = \mathbf{Xb} + \mathbf{Za} + \mathbf{e}$ , em que  $\mathbf{y}$  é o vetor de dados,  $\mathbf{b}$  é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral,  $\mathbf{a}$  é o vetor dos efeitos genéticos aditivos individuais (assumidos como aleatórios), e  $\mathbf{e}$  é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos (RESENDE, 2002, p. 239; 2007a, p. 158; 2007b, p. 133).

Associados a este modelo, têm-se as seguintes distribuições e estruturas de média e variâncias:

$$y|b, V \sim N(Xb, V)$$

$$a|A, \sigma_a^2 \sim N(0, A, \hat{\sigma}_a^2)$$

$$e|\hat{\sigma}_e^2 \sim N(N, I, \hat{\sigma}_e^2)$$

$$COV(a, e') = 0$$

$$E \begin{bmatrix} y \\ a \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Xb \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad e \quad Var \begin{bmatrix} y \\ a \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V & ZG & R \\ GZ' & G & 0 \\ R & 0 & R \end{bmatrix}$$

Em que:

$$G = A\hat{\sigma}_a^2$$

$$R = I\hat{\sigma}_e^2$$

$$V = ZA\hat{\sigma}_a^2Z' + I\hat{\sigma}_e^2 = ZGZ' + R.$$

As equações de modelo misto são:

$$\begin{bmatrix} X'X & X'Z \\ Z'X & Z'Z + A^{-1}\lambda_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{a} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'y \\ Z'y \end{bmatrix}$$

Em que:

$$\lambda_1 = \frac{\hat{\sigma}_e^2}{\hat{\sigma}_a^2} = \frac{1 - \hat{h}^2}{\hat{h}^2};$$

Herdabilidade individual no sentido restrito, no bloco:

$$\hat{h}^2 = \frac{\hat{\sigma}_a^2}{\hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_e^2}$$

$\hat{\sigma}_a^2$  = variância genética aditiva;

$\hat{\sigma}_e^2$  = variância residual (ambiental + não aditiva);

A = matriz de correlação genética aditiva entre indivíduos em avaliação.

Para a avaliação de interação genótipo x ambiente e seleção de famílias considerando o desempenho nos três locais, foi utilizado o Modelo 22.

Modelo 22: Avaliação de Indivíduos em Progênie de Meios Irmãos (ou Polinização Aberta em Espécies Alógamas), Uma Observação por Parcela, Blocos Completos, Avaliação em Vários Locais.

Modelo Estatístico  $\mathbf{y} = \mathbf{Xb} + \mathbf{Za} + \mathbf{Wi} + \mathbf{e}$ , em que  $\mathbf{y}$  é o vetor de dados,  $\mathbf{b}$  é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral,  $\mathbf{a}$  é o vetor dos efeitos genéticos aditivos individuais (assumidos como aleatórios),  $\mathbf{i}$  é vetor dos efeitos da interação genótipo x ambiente (aleatórios) e  $\mathbf{e}$  é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos. Ao Modelo 19 foi acrescentado o efeito de interação genótipo x ambiente (RESENDE, 2007a, p. 166).

Com isso, os componentes de variância estimados foram:  $\sigma_a^2$ : variância genética aditiva;  $\sigma_{int}^2$ : variância da interação genótipo x ambiente.  $\sigma_e^2$ : variância residual;  $\sigma_f^2$ : variância fenotípica individual;  $h_a^2 = h^2$ : herdabilidade individual no sentido restrito, ou seja, dos efeitos aditivos;  $c_{int}^2$  = coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipo x ambiente;  $rg_{loc}$ : correlação genotípica entre o desempenho nos vários ambientes;  $h_{mp}^2$ : herdabilidade da média de progênie, assumindo sobrevivência completa;  $Ac_{prog} = \sqrt{h_{mp}^2}$ : acurácia da seleção de progênie, assumindo sobrevivência completa;  $h_{ad}^2$ : herdabilidade aditiva dentro de progênie;  $CV_{gi}\%$ : coeficiente de variação genética aditiva individual;  $CV_{gp}\%$ : coeficiente de variação genética entre progênies;  $CV_e\%$ : coeficiente de variação residual;  $\hat{b} = CV_g/CV_e$  = coeficiente de variação relativa (VENCOVSKY, 1978, p. 131);  $PEV$ : variância do erro de predição dos valores genotípicos, assumindo sobrevivência completa;  $SEP$ : desvio padrão do valor genotípico predito, assumindo sobrevivência completa; e média geral do experimento.

### 1.2.3.3 *Tamanho efetivo populacional*

Para a estimativa do tamanho efetivo populacional foi utilizada a expressão abaixo, definida para seleção em populações experimentais monóicas alógamas com vários números de indivíduos selecionados por família de meios irmãos (RESENDE; BERTOLUCCI, 1995, p. 169).

$$N_e = \frac{4 N_f \bar{K}_f}{\bar{K}_f + 3 + \left(\frac{\sigma_{K_f}^2}{\bar{K}_f}\right)}$$

Onde:

$N_e$  = tamanho efetivo populacional;

$N_f$  = número de famílias amostradas;

$\bar{K}_f$  = número médio de indivíduos selecionados por família;

$\sigma_{K_f}^2$  = variância do número de indivíduos selecionados por família.



### 1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 1.3.1 Testes de procedências e progênes de primeira geração

Os dois experimentos apresentaram desenvolvimento similar, podendo ser observado nos dados de oito anos, disponíveis para os dois experimentos, DAP 20,24 cm e 20,40 cm, Altura 16,48 m e 17,37 m respectivamente para os testes da RF Imbauzinho e RF Agronomia (TABELAS 1.5 e 1.6).

TABELA 1.5: ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA DADOS DE DAP (cm) E ALTURA (m) ENTRE 1 A 12 ANOS EM TESTE DE PROGÊNES DE *Pinus maximinoi* DE PRIMEIRA GERAÇÃO EM TELÊMACO BORBA-PR (RF IMBAUZINHO).

Estimativa	Variáveis											
	1 ano	2 anos	3 anos		5 anos		8 anos		10 anos		12 anos	
	ALT	ALT	DAP	ALT	DAP	ALT	DAP	ALT	DAP	ALT	DAP	ALT
$\sigma_a^2$	0,019	0,156	0,986	0,407	3,478	1,012	6,395	1,368	7,188	1,522	6,826	1,536
$\sigma_{\text{parc}}^2$	0,006	0,020	0,154	0,064	0,056	0,289	0,102	0,357	0,186	0,338	0,276	0,439
$\sigma_e^2$	0,054	0,231	1,504	0,577	5,549	2,172	15,749	6,145	21,276	6,477	27,298	7,669
$\sigma_f^2$	0,079	0,406	2,644	1,049	9,084	3,473	22,246	7,871	28,651	8,338	34,400	9,644
$h_a^2$	0,238	0,384	0,373	0,389	0,383	0,291	0,287	0,174	0,251	0,183	0,198	0,159
( $\pm$ )	0,051	0,066	0,065	0,067	0,066	0,058	0,059	0,046	0,058	0,050	0,053	0,048
$\sigma_{aj}^2$	0,258	0,404	0,396	0,414	0,385	0,318	0,289	0,182	0,253	0,190	0,200	0,167
$c_{\text{parc}}^2$	0,077	0,048	0,058	0,061	0,006	0,083	0,005	0,045	0,007	0,041	0,008	0,046
$h_{mp}^2$	0,708	0,819	0,808	0,813	0,847	0,746	0,803	0,665	0,777	0,680	0,730	0,644
$Ac_{\text{prog}}$	0,841	0,905	0,899	0,901	0,920	0,863	0,896	0,815	0,882	0,825	0,854	0,803
$h_{ad}^2$	0,207	0,337	0,330	0,346	0,320	0,259	0,233	0,143	0,202	0,150	0,158	0,131
$CV_{gi}\%$	11,269	11,159	11,928	9,814	12,200	8,748	12,496	7,096	11,749	6,271	10,346	5,244
$CV_{gp}\%$	5,635	5,579	5,964	4,907	6,100	4,374	6,248	3,548	5,875	3,135	5,173	2,622
$CV_e\%$	10,863	7,861	8,728	7,072	7,783	7,665	9,280	7,559	9,430	6,446	9,437	5,846
$\hat{b}$	0,519	0,710	0,683	0,694	0,784	0,571	0,673	0,469	0,623	0,486	0,548	0,449
$PEV$	0,001	0,007	0,047	0,019	0,133	0,064	0,315	0,115	0,400	0,122	0,461	0,137
$SEP$	0,037	0,084	0,218	0,138	0,365	0,254	0,561	0,339	0,632	0,349	0,679	0,370
Média geral	1,213	3,540	8,325	6,504	15,287	11,502	20,236	16,484	22,819	19,674	25,252	23,637
LRT prog	48,74**	103,28**	93,35**	96,66**	133,24**	60,27**	94,14**	32,83**	63,34**	31,51**	40,65**	23,39**
LRT parc	34,66**	14,30**	20,29**	22,59**	0,24ns	37,38**	0,10ns	10,04**	0,18ns	6,77**	0,24ns	7,32**
LRT proced <sup>1</sup>	3,56ns	0,59ns	2,30ns	0,48ns	1,43ns	4,77*	0,06ns	0,86ns	0,00ns	0,00ns	0,00ns	0,01ns

$\sigma_a^2$ : variância genética aditiva;  $\sigma_{\text{parc}}^2$ : variância ambiental entre parcelas;  $\sigma_e^2$ : variância residual (ambiental + não aditiva);  $\sigma_f^2$ : variância fenotípica individual;  $h_a^2$ : herdabilidade individual no sentido restrito, ou seja, dos efeitos aditivos;  $h_{aj}^2$ : herdabilidade individual no sentido restrito, ajustada para os efeitos de parcela;  $c_{\text{parc}}^2$ : coeficiente de determinação dos efeitos de parcela;  $h_{mp}^2$ : herdabilidade da média de progênes, assumindo sobrevivência completa;  $Ac_{\text{prog}}$ : acurácia da seleção de progênes, assumindo sobrevivência completa;  $h_{ad}^2$ : herdabilidade aditiva dentro de parcela;  $CV_{gi}\%$ : coeficiente de variação genética aditiva individual;  $CV_{gp}\%$ : coeficiente de variação genotípica entre progênes;  $CV_e\%$ : coeficiente de variação residual;  $\hat{b} = CV_{gp}/CV_e$ : coeficiente de variação relativa (VENCovsky, 1978);  $PEV$ : variância do erro de predição dos valores genotípicos de progênie, assumindo sobrevivência completa;  $SEP$ : desvio padrão do valor genotípico predito de progênie, assumindo sobrevivência completa; Média geral do experimento; <sup>1</sup>modelo 5; LRT: teste da razão de verossimilhança; \*\*estatisticamente significativo a 1% de probabilidade pela análise de deviance; \*estatisticamente significativo a 5% de probabilidade pela análise de deviance; ns estatisticamente não significativo pela análise de deviance. FONTE: o autor (2017).

Não foram identificadas diferenças estatisticamente significativas entre as procedências pela análise de Deviance (ANADEV), conforme é possível verificar pelo teste da razão de verossimilhança (LRT) procedência para os dois testes de progênes de primeira geração (TABELAS 1.5 e 1.6).

TABELA 1.6: ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA DADOS DE DAP (cm) E ALTURA (m) ENTRE 5 A 15,6 ANOS EM TESTE DE PROGÊNES DE *Pinus maximinoi* DE PRIMEIRA GERAÇÃO EM TELÊMACO BORBA-PR (RF AGRONOMIA).

Estimativa	Variáveis				
	5 anos	8 anos		15,6 anos	
	DAP	DAP	ALT	DAP	ALT
$\sigma_a^2$	1,155	5,278	0,849	13,340	2,020
$\sigma_{\text{parc}}^2$	0,023	0,130	0,454	0,329	0,150
$\sigma_e^2$	5,256	16,572	7,329	46,186	12,985
$\sigma_f^2$	6,434	21,980	8,632	59,855	15,155
$h_a^2$	0,179	0,240	0,098	0,223	0,133
( $\pm$ )	0,099	0,122	0,078	0,123	0,095
$\sigma_{aj}^2$	0,180	0,242	0,104	0,224	0,135
$c_{\text{parc}}^2$	0,004	0,006	0,053	0,005	0,010
$h_{mp}^2$	0,713	0,770	0,517	0,756	0,639
$Ac_{\text{prog}}$	0,845	0,877	0,719	0,869	0,799
$h_{ad}^2$	0,141	0,193	0,080	0,178	0,104
$CV_{gi}\%$	7,763	11,262	5,302	12,908	5,731
$CV_{gp}\%$	3,882	5,631	2,651	6,454	2,865
$CV_e\%$	7,380	9,239	7,683	11,004	6,460
$\hat{b}$	0,526	0,609	0,345	0,587	0,444
$PEV$	0,083	0,304	0,102	0,814	0,182
$SEP$	0,288	0,551	0,320	0,902	0,427
Média geral	13,843	20,399	17,374	28,295	24,799
LRT Prog	8,78**	11,18**	2,01ns	9,19**	3,95*
LRT Parc	0,01ns	0,02ns	1,86ns	0,02ns	0,07ns
LRT Proced <sup>1</sup>	2,53ns	0,07ns	0,00ns	0,36ns	3,28ns

$\sigma_a^2$ : variância genética aditiva;  $\sigma_{\text{parc}}^2$ : variância ambiental entre parcelas;  $\sigma_e^2$ : variância residual (ambiental + não aditiva);  $\sigma_f^2$ : variância fenotípica individual;  $h_a^2$ : herdabilidade individual no sentido restrito, ou seja, dos efeitos aditivos;  $h_{aj}^2$ : herdabilidade individual no sentido restrito, ajustada para os efeitos de parcela;  $c_{\text{parc}}^2$ : coeficiente de determinação dos efeitos de parcela;  $h_{mp}^2$ : herdabilidade da média de progênes, assumindo sobrevivência completa;  $Ac_{\text{prog}}$ : acurácia da seleção de progênes, assumindo sobrevivência completa;  $h_{ad}^2$ : herdabilidade aditiva dentro de parcela;  $CV_{gi}\%$ : coeficiente de variação genética aditiva individual;  $CV_{gp}\%$ : coeficiente de variação genotípica entre progênes;  $CV_e\%$ : coeficiente de variação residual;  $\hat{b} = CV_{gp}/CV_e$ : coeficiente de variação relativa (VENCOVSKY, 1978);  $PEV$ : variância do erro de predição dos valores genotípicos de progênie, assumindo sobrevivência completa;  $SEP$ : desvio padrão do valor genotípico predito de progênie, assumindo sobrevivência completa; Média geral do experimento; <sup>1</sup>modelo 5; LRT: teste da razão de verossimilhança; \*\*estatisticamente significativo a 1% de probabilidade pela análise de deviance; \*estatisticamente significativo a 5% de probabilidade pela análise de deviance; ns estatisticamente não significativo pela análise de deviance. FONTE: o autor (2017).

Trabalhos publicados apresentam distintos resultados em relação a diferenças entre procedências de *Pinus maximinoi*. Ettori, Sato e Shimizu (2004, p. 5), avaliando quatro procedências mexicanas de *Pinus maximinoi* em Angatuba-SP, identificaram pequena variação em altura entre as procedências avaliadas, porém sem diferenças para DAP.

Gapare, Hodge e Dvorak (2001, p. 168) avaliando 21 procedências de *Pinus maximinoi* no Brasil, Colômbia e África do Sul identificaram somente 15% de diferença em área basal aos oito anos entre a melhor e a pior procedência identificadas.

Crockford et al. (1991, p. 213) avaliaram 15 procedências de *Pinus maximinoi* e identificaram diferenças entre procedências para crescimento volumétrico no Sul da África. As procedências Dulce Nombre, Tatumbla e Cofradía de Honduras apresentaram os melhores resultados, enquanto os piores resultados foram observados com as procedências Rafael e Jinotega, da Nicarágua.

Por sua vez, Wright, Osorio e Lambeth (1993, p. 316) avaliaram sete procedências de *Pinus maximinoi* na Colômbia e identificaram diferenças em crescimento volumétrico entre procedências aos cinco anos.

As estimativas dos parâmetros genéticos para os testes de primeira geração podem ser verificadas nas TABELAS 1.5 e 1.6. As altas acurácias (acima de 0,80 para grande maioria das variáveis) alcançadas evidenciam a boa condução do experimento e a confiabilidade das estimativas obtidas.

Foi possível identificar diferenças estatisticamente significativas entre as progênes para os dois testes analisados para praticamente todas as variáveis avaliadas (Análise de Deviance, LRT progênie, TABELAS 1.5 e 1.6).

As herdabilidades individuais no sentido restrito ( $h_a^2$ ) para as variáveis nas diversas idades avaliadas nos experimentos apresentaram resultados de estimativas entre 0,179 e 0,383 para DAP e entre 0,098 e 0,389 para Altura. Os valores de herdabilidades estão de acordo com os normalmente encontrados em espécies arbóreas (SAMPAIO; RESENDE; ARAÚJO, 2000, p. 2249; GAPARE; HODGE; DVORAK, 2001, p. 165; AGUIAR; SOUSA; SHIMIZU, 2010, p. 112; MARTINEZ et al., 2012, p. 542; HALLINGBACK; JANSSEN, 2013, p. 735; COSTA et al., 2015, p. 71).

Com a finalidade de determinar a idade adequada para a seleção precoce dentro do programa de melhoramento genético de *Pinus maximinoi* para produção de celulose (ciclo de 14 a 16 anos), foi realizada a análise de correlação genética entre as variáveis mensuradas ao longo dos anos. A partir dos dados do experimento

instalado na Região Florestal Imbauzinho foi possível realizar estimativas de correlações genéticas entre os caracteres mensurados de um a 12 anos de idade (TABELA 1.7).

TABELA 1.7: ESTIMATIVAS DE CORRELAÇÕES GENÉTICAS PARA DADOS DE DAP (cm), ALTURA (m) E VOLUME INDIVIDUAL (m³) ENTRE UM A 12 ANOS, EM UM TESTE DE PROGÊNIES DE *Pinus maximinoi* DE PRIMEIRA GERAÇÃO EM TELÊMACO BORBA-PR (RF IMBAUZINHO).

Anos		1	2	3	5	8	10	12
	Variável	ALT	ALT	DAP ALT Vi	DAP ALT Vi	DAP ALT Vi	DAP ALT Vi	DAP ALT Vi
1	ALT	1,00	0,74	0,55 0,55 0,52	0,50 0,42 0,47	0,47 0,45 0,46	0,42 0,35 0,38	0,35 0,26 0,32
2	ALT	0,74	1,00	0,77 0,88 0,82	0,69 0,65 0,70	0,62 0,61 0,63	0,58 0,51 0,55	0,53 0,48 0,51
3	DAP	0,55	0,77	1,00 0,81 0,97	0,92 0,73 0,90	0,78 0,68 0,76	0,69 0,52 0,65	0,66 0,52 0,64
	ALT	0,55	0,88	0,81 1,00 0,89	0,72 0,75 0,78	0,67 0,68 0,70	0,64 0,60 0,63	0,61 0,59 0,59
	Vi	0,52	0,82	0,97 0,89 1,00	0,89 0,74 0,89	0,75 0,67 0,76	0,68 0,54 0,66	0,66 0,55 0,65
5	DAP	0,50	0,69	0,92 0,72 0,89	1,00 0,78 0,97	0,91 0,76 0,88	0,81 0,61 0,77	0,78 0,54 0,74
	ALT	0,42	0,65	0,73 0,75 0,74	0,78 1,00 0,87	0,75 0,84 0,75	0,62 0,64 0,61	0,59 0,61 0,57
	Vi	0,47	0,70	0,90 0,78 0,89	0,97 0,87 1,00	0,92 0,82 0,91	0,82 0,67 0,80	0,79 0,60 0,76
8	DAP	0,47	0,62	0,78 0,67 0,75	0,91 0,75 0,92	1,00 0,83 0,98	0,94 0,75 0,91	0,89 0,65 0,87
	ALT	0,45	0,61	0,68 0,68 0,67	0,76 0,84 0,82	0,83 1,00 0,87	0,73 0,78 0,73	0,67 0,67 0,66
	Vi	0,46	0,63	0,76 0,70 0,76	0,88 0,75 0,91	0,98 0,87 1,00	0,94 0,79 0,93	0,90 0,69 0,89
10	DAP	0,42	0,58	0,69 0,64 0,68	0,81 0,62 0,82	0,94 0,73 0,94	1,00 0,81 0,98	0,96 0,71 0,94
	ALT	0,35	0,51	0,52 0,60 0,54	0,61 0,64 0,67	0,75 0,78 0,79	0,81 1,00 0,86	0,75 0,77 0,77
	Vi	0,38	0,55	0,65 0,63 0,66	0,77 0,61 0,80	0,91 0,73 0,93	0,98 0,86 1,00	0,96 0,75 0,96
12	DAP	0,35	0,53	0,66 0,61 0,66	0,78 0,59 0,79	0,89 0,67 0,90	0,96 0,75 0,96	1,00 0,78 0,99
	ALT	0,26	0,48	0,52 0,59 0,55	0,54 0,61 0,60	0,65 0,67 0,69	0,71 0,77 0,75	0,78 1,00 0,82
	Vi	0,32	0,51	0,64 0,59 0,65	0,74 0,57 0,76	0,87 0,66 0,89	0,94 0,77 0,96	0,99 0,82 1,00

DAP: Diâmetro à Altura do Peito (1,3m); ALT: altura total; Vi: volume individual.

FONTE: o autor (2017).

Por sua vez, a análise dos dados do experimento instalado na Região Florestal Agronomia possibilitou realizar estimativas de correlações genéticas entre os caracteres mensurados aos cinco, oito e 15,6 anos de idade (TABELA 1.8).

TABELA 1.8: ESTIMATIVAS DE CORRELAÇÕES GENÉTICAS PARA DADOS DE DAP (cm) AOS 5 ANOS E DAP (cm), ALTURA (m) E VOLUME INDIVIDUAL (m³) AOS OITO E 15,6 ANOS EM TESTE DE PROGÊNIES DE *Pinus maximinoi* DE PRIMEIRA GERAÇÃO EM TELÊMACO BORBA-PR (RF AGRONOMIA).

Anos		8	15,6
	Variável	DAP ALT Vi	DAP ALT Vi
5	DAP	0,86 0,64 0,82	0,79 0,69 0,78
	DAP	1,00 0,88 0,98	0,86 0,78 0,85
8	ALT	0,88 1,00 0,92	0,77 0,70 0,76
	Vi	0,98 0,92 1,00	0,86 0,75 0,84
15,6	DAP	0,86 0,77 0,86	1,00 0,91 1,00
	ALT	0,78 0,70 0,75	0,91 1,00 0,89
	Vi	0,85 0,76 0,84	1,00 0,89 1,00

DAP: Diâmetro à Altura do Peito (1,3m); ALT: altura total; Vi: volume individual.

FONTE: o autor (2017).

Foi possível verificar alta correlação entre as variáveis DAP, Altura e Vi dentro de cada idade avaliada. Com isso é possível utilizar o caractere DAP para a seleção genética, por ser uma variável de mais fácil obtenção e de menor fonte de erro na mensuração. Resultados semelhantes foram reportados em diversos estudos com espécies arbóreas (SAMPAIO; RESENDE; ARAUJO, 2000, p. 2250; MUTETE; MUREPA; GAPARE, 2015, p. 93; HAI et al., 2015, p. 586).

Programas de melhoramento visam a obtenção de ganhos genéticos em menor tempo possível, sendo essencial identificar o quão precocemente é viável realizar a seleção de materiais genéticos, mantendo uma alta correlação com os resultados a serem alcançados na idade de rotação final do povoamento florestal. Desta forma, observando as estimativas de correlações genéticas entre as diferentes idades é possível verificar que a idade de cinco anos é adequada para realização de seleção precoce, possuindo respectivamente uma correlação genética de 0,78 e 0,74 para as variáveis DAP e Volume individual aos 12 anos (TABELA 1.7, RF Imbauzinho) e 0,79 e 0,78 para as variáveis DAP e Volume individual aos 15,6 anos (TABELA 1.8, RF Agronomia). Por sua vez estas correlações genéticas aumentam para mais de 0,85 ao considerar a idade de seleção de oito anos, podendo esta idade ser utilizada para aferição das seleções realizadas precocemente aos cinco anos.

Gapare, Hodge e Dvorak (2001, p. 166), também trabalhando com *Pinus maximinoi*, encontraram correlações genéticas entre diferentes idades para a variável DAP de 0,86 (três para cinco anos), 0,76 (três para oito anos) e 0,93 de cinco para oito anos).

Outros estudos identificaram alta correlação genética entre idades para a variável altura. Gwaze et al. (2000, p. 203) avaliando a variável altura em testes de progênies de *Pinus taeda* L. nos EUA encontraram correlações genéticas entre altura aos cinco anos e 10 anos variando de 0,77 a 0,86 e entre as idades de cinco e 15 anos variando de 0,68 e 0,75. Weng et al. (2015, p. 40) estudando *Pinus banksiana* Lamb. no Canada encontraram altas correlações genéticas para o caractere altura aos cinco anos com alturas aos 10 anos (variando de 0,78 a 0,85) e 15 anos (variando de 0,84 a 0,87).

### 1.3.2 Ganhos genéticos na transformação do teste de procedências e progênes de primeira geração em Pomar de Sementes por Mudanças

No ano de 2002, o teste de procedências e progênes de primeira geração instalado na Região Florestal Imbauzinho foi desbastado e transformado em um Pomar de Sementes por Mudanças (PSM). Para a seleção das árvores a permanecerem no PSM foram considerados os valores genéticos aditivos individuais de cada árvore do experimento, buscando manter uma árvore por parcela (parcela linear originalmente com seis plantas). O critério para seleção da árvore dentro de cada parcela foi o maior valor genético aditivo individual (devendo ser no mínimo maior que a média do experimento), sendo que a árvore a permanecer não poderia apresentar bifurcação nem graves defeitos relacionados à forma do fuste. Devido a este critério de seleção, nem todas as parcelas ficaram com uma árvore remanescente. Com isso, após o desbaste a população de árvores diminuiu de 2.224 para apenas 310 árvores matrizes, provenientes de 55 famílias, resultando em uma intensidade de seleção de 14%.

As estimativas de ganhos genéticos aos cinco e 12 anos em DAP e Altura, juntamente com o Volume individual calculado após as estimativas da transformação do teste de progênes em PSM, podem ser verificados na Tabela 1.9.

TABELA 1.9: ESTIMATIVAS DE GANHOS GENÉTICOS EM DAP, ALTURA E VOLUME INDIVIDUAL ( $V_i$ ) AOS CINCO E 12 ANOS, COM O DESBASTE E TRANSFORMAÇÃO DE UM TESTE DE PROGÊNES DE *Pinus maximimoi* EM POMAR DE SEMENTES POR MUDAS, EM TELÊMACO BORBA-PR (RF IMBAUZINHO).

Variável	Idade	Média original	PSM 1ª geração			PSM 1ª geração amostrado <sup>1</sup>		
			a	Nova média	Ganho (%)	a	Nova média	Ganho (%)
DAP (cm)	5 anos	15,287	0,971	16,258	6,0%	1,308	16,595	7,9%
ALT (m)		11,502	0,438	11,939	3,7%	0,510	12,011	4,2%
$V_i$ (m³)		0,095		0,112	14,8%		0,117	18,7%
DAP (cm)	12 anos	25,252	1,428	26,679	5,4%	2,033	27,285	7,5%
ALT (m)		23,637	0,418	24,054	1,7%	0,594	24,230	2,5%
$V_i$ (m³)		0,533		0,605	12,0%		0,638	16,4%
Nº Árvores		2224		310			109	
Ne		207,79		127,79			61,13	
IMA12 <sup>2</sup> (m³/ha/ano)		35,63		40,47			42,64	

a - efeito genético aditivo individual médio das árvores selecionadas; <sup>1</sup>árvores com progênes amostradas para os testes de 2ª geração; Ne = tamanho efetivo populacional; <sup>2</sup>IMA12 = incremento volumétrico médio anual por hectare aos 12 anos. FONTE: o autor (2017).



A transformação do teste de progênies de primeira geração em Pomar de Sementes por Mudas, mantendo 310 árvores matrizes, gerou um ganho estimado de 12% em volume aos 12 anos, passando de um IMA de 35,63 m<sup>3</sup>/ha/ano para 40,47 m<sup>3</sup>/ha/ano. Este é o ganho operacional esperado ao se coletar a semente de todo o pomar para a realização de plantios operacionais na região. Ao considerar somente as 109 matrizes amostradas para os testes de segunda geração (TABELA 1.9), o ganho estimado aumenta para 16,4% em volume aos 12 anos, sendo reflexo do aumento da intensidade de seleção.

David, Pike e Stine (2013, p. 846) obtiveram resultados semelhantes no estabelecimento de um PSM de *Pinus resinosa* Ait.. Os autores trabalharam com um teste de progênies com 108 famílias de polinização aberta em delineamento com uma planta por parcela e 24 repetições, totalizando 2.382 mudas plantadas. Aos 12 anos, aplicando seleção combinada e utilizando intensidade de seleção de 15% (331 árvores remanescentes) e obtiveram uma estimativa de ganho genético em volume de 9,6%. Ao aumentar a intensidade de seleção para 7% (155 árvores remanescentes) a estimativa de ganho em volume aumentou para 11,8%. Vergara et al. (2004, p. 2599) avaliaram 38 testes de progênies de *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii* Sudeste dos EUA e identificaram ganhos em produtividade na primeira geração de melhoramento de 10% em volume por hectare aos 25 anos.

Considerando a seleção das mesmas árvores matrizes aos cinco e 12 anos, o ganho estimado, em porcentual, foi maior na seleção precoce. Podemos atribuir este efeito a uma estimativa de herdabilidade menor aos 12 anos (0,383 para DAP aos cinco anos e 0,198 para DAP aos 12 anos), reflexo do maior efeito ambiental nas idades mais avançadas, evidenciado pelo menor coeficiente de variação relativa ( $\hat{b}$ ), sendo 0,784 aos cinco anos e 0,548 aos 12 anos (TABELA 1.5).

Desta forma, mesmo que as correlações genéticas indiquem que é viável a seleção precoce aos cinco anos, deve-se ficar atento ao se considerar os percentuais de ganhos genéticos a serem realizados, que serão menores na idade de rotação do que os percentuais estimados precocemente aos cinco anos.

O tamanho efetivo populacional ( $N_e$ ) foi reduzido de 207,8 para 127,8 após o desbaste reduzir o número de árvores de 2224 para 310, para a transformação do experimento em um Pomar de Sementes por Mudas. Por sua vez, as 109 matrizes amostradas para instalação dos testes de progênies de segunda geração resultaram em um tamanho efetivo de 61,1. Segundo Primack e Rodrigues (2001), um tamanho



efetivo de 100 e 50 garantem respectivamente a manutenção de aproximadamente 90% e 85% da variabilidade da população após a décima geração. Desta forma, verifica-se que o tamanho efetivo do PSM e dos testes de progênies de segunda geração são adequados para a manutenção da variabilidade da população ao longo das gerações de melhoramento genético.

### 1.3.3 Testes de progênies de segunda geração

Da mesma forma que nos resultados da primeira geração, foi possível identificar diferenças estatisticamente significativas entre as progênies avaliadas nos testes de progênies de segunda geração, evidenciada pela Análise de Deviance (LRT progênies – TABELA 1.10). Esta informação indica que ganhos adicionais são possíveis de serem obtidos com a seleção das melhores progênies do PSM de primeira geração.

As herdabilidades individuais no sentido restrito ( $h_a^2$ ) avaliadas individualmente em cada um dos três experimentos apresentaram resultados de estimativas entre 0,202 e 0,302 para DAP e entre 0,136 e 0,209 para Altura (TABELA 1.10). Estes valores de herdabilidades estão de acordo com os normalmente encontrados em espécies arbóreas (SAMPAIO; RESENDE; ARAÚJO, 2000, p. 2249; GAPARE; HODGE; DVORAK, 2001, p. 165; AGUIAR; SOUSA; SHIMIZU, 2010, p. 112; MARTINEZ et al., 2012, p. 542; HALLINGBACK; JANSSON, 2013, p. 735; COSTA et al., 2015, p. 71).

TABELA 1.10: ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA DADOS DE DAP (cm) E ALTURA (m) AOS CINCO ANOS EM TRÊS TESTES DE PROGÊNIES DE *Pinus maximinoi* DE SEGUNDA GERAÇÃO EM TELÊMACO BORBA-PR.

Estimativa	Cerradinho		Imbauzinho		Mirandinha		Análise conjunta	
	DAP	ALT	DAP	ALT	DAP	ALT	DAP	ALT
$\sigma_a^2$	2,293	0,490	3,120	0,397	2,148	0,548	0,991	0,286
$\sigma_{int}^2$	-	-	-	-	-	-	0,390	0,048
$\sigma_e^2$	5,303	1,740	12,296	2,532	6,442	2,073	8,952	2,239
$\sigma_f^2$	7,597	2,230	15,415	2,929	8,590	2,621	10,333	2,573
$h_a^2$	0,302	0,220	0,202	0,136	0,250	0,209	0,096	0,111
( $\pm$ )	0,073	0,062	0,065	0,053	0,070	0,064	0,025	0,027
$c_{int}^2$	-	-	-	-	-	-	0,038	0,019
$rg_{loc}$	-	-	-	-	-	-	0,388	0,598
$h_{mp}^2$	0,620	0,538	0,516	0,412	0,571	0,525	-	-
$Ac_{prog}$	0,787	0,733	0,718	0,642	0,756	0,724	-	-
$h_{ad}^2$	0,245	0,174	0,160	0,105	0,200	0,166	-	-
$CV_{gi}\%$	9,158	5,478	9,655	4,841	11,077	6,664	-	-
$CV_{gp}\%$	4,579	2,739	4,827	2,421	5,538	3,332	-	-
$CV_e\%$	16,027	11,360	20,912	12,923	21,450	14,185	-	-
$\hat{b}$	0,286	0,241	0,231	0,187	0,258	0,235	-	-
$PEV$	0,218	0,057	0,378	0,058	0,230	0,065	-	-
$SEP$	0,467	0,238	0,614	0,242	0,480	0,255	-	-
Média geral	16,535	12,780	18,294	13,017	13,230	11,111	16,010	12,304
LRT Progênies	45,70**	28,31**	20,41**	9,66**	33,66**	24,48**	9,43**	17,88**

$\sigma_a^2$ : variância genética aditiva;  $\sigma_{int}^2$ : variância da interação genótipo x ambiente.  $\sigma_e^2$ : variância residual;  $\sigma_f^2$ : variância fenotípica individual;  $h_a^2 = h^2$ : herdabilidade individual no sentido restrito, ou seja, dos efeitos aditivos;  $c_{int}^2$  = coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipo x ambiente;  $rg_{loc}$ : correlação genotípica entre o desempenho nos vários ambientes;  $h_{mp}^2$ : herdabilidade da média de progênie, assumindo sobrevivência completa;  $Ac_{prog}$ : acurácia da seleção de progênie, assumindo sobrevivência completa;  $h_{ad}^2$ : herdabilidade aditiva dentro de progênie;  $CV_{gi}\%$ : coeficiente de variação genética aditiva individual;  $CV_{gp}\%$ : coeficiente de variação genética entre progênies;  $CV_e\%$ : coeficiente de variação residual;  $\hat{b} = CV_{gi}/CV_e$  = coeficiente de variação relativa (VENCOVSKY, 1978);  $PEV$ : variância do erro de predição dos valores genotípicos, assumindo sobrevivência completa;  $SEP$ : desvio padrão do valor genotípico predito, assumindo sobrevivência completa; LRT: teste da razão de verossimilhança; \*\*estatisticamente significativo a 1% de probabilidade pela análise de deviance; \*estatisticamente significativo a 5% de probabilidade pela análise de deviance; ns estatisticamente não significativo pela análise de deviance.

FONTE: o autor (2017).

Os coeficientes de variação relativa ( $\hat{b}$ ) foram expressivamente inferiores nos testes de segunda geração (variando de 0,231 a 0,286 para DAP e 0,187 e 0,241 para Altura, aos cinco anos) quando comparados com o teste de primeira geração do

Imbauzinho (0,784 para DAP e 0,571 para Altura, aos 5 anos – TABELA 1.5). Este é um reflexo do estreitamento da base genética, que gera uma menor variabilidade da população melhorada geneticamente (FURLAN et al. 2007, p. 560).

#### 1.3.4 Interação genótipo x ambiente

Foi possível identificar a existência de interação genótipo x ambiente entre os três locais estudados nos testes de segunda geração, evidenciado pelo  $rg_{loc}$  e a significância entre locais na Análise de Deviance para ambas as variáveis estudadas. Esta interação se mantém para DAP, em todas as combinações, quando as análises foram desdobradas analisando os locais dois a dois (TABELA 1.11).

TABELA 1.11: ANÁLISE CONJUNTA E ANÁLISE PAR A PAR DE TRÊS TESTES DE PROGÊNIES DE SEGUNDA GERAÇÃO DE *Pinus maximinoi* PARA AVALIAÇÃO DA CORRELAÇÃO GENÉTICA ENTRE LOCAIS, EM TELÊMACO BORBA-PR.

Locais	Estimativas	Variável	
		DAP5 (cm)	ALT5 (m)
Cerradinho, Imbauzinho, Mirandinha	$c^2_{int}$	0,038	0,019
	$rg_{loc}$	0,388	0,598
	LRT Locais	26.47**	7.58**
	Média geral	16,010	12,304
Cerradinho, Imbauzinho	$c^2_{int}$	0,044	0,025
	$rg_{loc}$	0,267	0,439
	LRT Locais	18.02**	6.18*
	Média geral	17,416	12,900
Cerradinho, Mirandinha	$c^2_{int}$	0,035	0,013
	$rg_{loc}$	0,496	0,746
	LRT Locais	11.87**	2.20ns
	Média geral	14,870	11,948
Imbauzinho, Mirandinha	$c^2_{int}$	0,034	0,018
	$rg_{loc}$	0,396	0,576
	LRT Locais	10.90**	3.64ns
	Média geral	15,752	12,062

DAP5: Diâmetro à Altura do Peito (1,3m) aos 5 anos; ALT5: altura total aos 5 anos;  $c^2_{int}$  = coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipo x ambiente;  $rg_{loc}$ : correlação genotípica entre o desempenho nos vários ambientes; LRT: teste da razão de verossimilhança; \*\*estatisticamente significativo a 1% de probabilidade pela análise de deviance; \*estatisticamente significativo a 5% de probabilidade pela análise de deviance; ns estatisticamente não significativo pela análise de deviance. FONTE: o autor (2017).

Outros trabalhos apresentaram resultados similares, sendo que Soares et al. (2017, p. 322) observaram correlações genotípicas entre os ambientes ( $rg_{loc}$ ) de 0,32 para DAP aos cinco anos ao analisar testes de progênies de *Eucalyptus saligna* Smith em três locais em Santa Catarina. Por sua vez, Santos et al. (2015, p. 85), avaliando clones de *Eucalyptus* spp. com três anos em quatro locais no Rio Grande do Sul encontraram correlações genotípicas entre os ambientes ( $rg_{loc}$ ) de 0,567 para DAP, 0,401 para altura e 0,503 para volume.

Estes resultados evidenciam a possibilidade de obtenção de ganhos genéticos maiores ao realizar seleções de famílias para cada local individualmente. Entretanto, a distinção de ambientes e consequente tratamento dos mesmos como diferentes zonas de melhoramento genético gera grandes complexidades, tanto no programa de melhoramento como na recomendação e plantios operacionais de distintos materiais genéticos específicos para cada local.

### 1.3.5 Ganhos estimados x ganhos realizados

Considerando as 109 matrizes amostradas no PSM de primeira geração, para os testes de segunda geração, os ganhos estimados estão relacionados na TABELA 1.12, sendo possível comparar com os ganhos realizados ao considerar os resultados médios de crescimento dos testes de segunda geração.

TABELA 1.12: COMPARATIVO DE GANHOS ESTIMADOS PARA DAP E ALTURA AOS CINCO ANOS A PARTIR DA AMOSTRAGEM DE 109 PROGÊNIES DE UM POMAR DE SEMENTES POR MUDAS DE PRIMEIRA GERAÇÃO E GANHOS EFETIVAMENTE REALIZADOS NOS TESTES DE PROGÊNIES DE SEGUNDA GERAÇÃO DE *Pinus maximinoi* EM TELÊMACO BORBA-PR.

Variável	Média original	Ganho estimado			Ganho realizado			
		PSM 1ª geração amostrado <sup>1</sup>			Nos três locais		Cerradinho	
		a (média)	Nova média	Ganho (%)	Média	Ganho (%)	Média	Ganho (%)
DAP5 (cm)	15,287	1,308	16,595	7,9%	16,010	4,5%	16,535	7,5%
ALT5 (m)	11,502	0,510	12,011	4,2%	12,304	6,5%	12,780	10,0%
Vi5 (m³)	0,095		0,117	18,7%	0,111	14,8%	0,123	23,1%

a - efeito genético aditivo individual médio das árvores selecionadas; <sup>1</sup>árvores com progênies amostradas para os testes de 2ª geração; Vi5 = volume individual calculado a partir das médias de DAP e Altura aos cinco anos. FONTE: o autor (2017).

Comparando o teste instalado no Cerradinho, que apresenta a mesma classe de solo que o teste de progênies transformado em PSM e que possui o número completo de 109 progênies amostradas, verifica-se que o ganho em produtividade

volumétrica estimado foi efetivamente alcançado (estimativa de 18,7%, sendo realizado 23,1%). A diferença entre o volume médio estimado e o realizado deve estar relacionada aos efeitos das diferenças ambientais entre os locais. Ao se considerar as médias dos três ambientes, o ganho volumétrico atingido aos cinco anos foi de 15%, valor inferior provavelmente devido aos distintos ambientes onde os testes foram implantados, que diferem do ambiente onde o teste de procedências e progênes de primeira geração foi instalado.

### 1.3.6 Ganhos adicionais com a seleção das melhores famílias de primeira geração

A partir dos resultados dos testes de progênes de segunda geração é possível realizar a seleção das melhores matrizes do PSM de primeira geração, dentre as 109 famílias testadas. Desta forma, realizou-se a seleção das 20 melhores famílias não aparentadas, considerando o desempenho das progênes na análise conjunta dos três ambientes (TABELA 1.13).

TABELA 1.13: EFEITOS GENÉTICOS ADITIVOS E GANHOS COM A SELEÇÃO DE 20 FAMÍLIAS NÃO APARENTADAS DE *Pinus maximinoi*, ESTIMADOS A PARTIR DE ANÁLISE CONJUNTA DE TRÊS EXPERIMENTOS DE SEGUNDA GERAÇÃO AOS CINCO ANOS, EM TELÊMACO BORBA-PR.

Nº de famílias	Família 2ºG	Pedigree 1ºG	Ranking	DAP (cm)				Altura (m)				Volume (m³)	
				a	Ganho	Nova Média	Ganho %	a	Ganho	Nova Média	Ganho %	Vi	Ganho %
1	52	162	1	1,519	1,519	17,529	8,7%	0,709	0,709	13,012	5,4%	0,1413	21,1%
2	20	163	2	1,092	1,305	17,315	7,5%	0,594	0,652	12,955	5,0%	0,1373	18,8%
3	65	25	3	1,083	1,231	17,241	7,1%	0,117	0,473	12,777	3,7%	0,1342	17,0%
4	33	64	4	1,060	1,188	17,198	6,9%	0,504	0,481	12,784	3,8%	0,1336	16,6%
5	38	78	5	0,987	1,148	17,158	6,7%	0,840	0,553	12,856	4,3%	0,1338	16,7%
6	15	154	6	0,969	1,118	17,128	6,5%	0,736	0,583	12,887	4,5%	0,1336	16,6%
7	27	89	7	0,949	1,094	17,104	6,4%	-0,011	0,498	12,802	3,9%	0,1324	15,8%
8	4	15	8	0,899	1,070	17,080	6,3%	0,414	0,488	12,791	3,8%	0,1319	15,5%
9	68	26	10	0,836	1,044	17,054	6,1%	0,209	0,457	12,760	3,6%	0,1312	15,0%
10	95	49	11	0,835	1,023	17,033	6,0%	0,252	0,436	12,740	3,4%	0,1306	14,7%
11	49	12	12	0,801	1,003	17,013	5,9%	-0,028	0,394	12,698	3,1%	0,1299	14,2%
12	73	29	15	0,632	0,972	16,982	5,7%	-0,064	0,356	12,659	2,8%	0,1290	13,6%
13	7	105	18	0,588	0,942	16,952	5,6%	0,091	0,336	12,639	2,7%	0,1284	13,2%
14	26	23	21	0,516	0,912	16,922	5,4%	0,398	0,340	12,644	2,7%	0,1280	12,9%
15	64	60	22	0,497	0,884	16,894	5,2%	0,002	0,317	12,621	2,5%	0,1273	12,5%
16	41	75	23	0,470	0,858	16,868	5,1%	-0,277	0,280	12,584	2,2%	0,1265	11,9%
17	76	98	26	0,398	0,831	16,841	4,9%	-0,282	0,247	12,551	2,0%	0,1258	11,4%
18	39	50	27	0,376	0,806	16,816	4,8%	0,248	0,247	12,551	2,0%	0,1254	11,1%
19	72	92	28	0,362	0,782	16,792	4,7%	-0,143	0,227	12,530	1,8%	0,1249	10,7%
20	60	134	33	0,297	0,758	16,768	4,5%	0,020	0,216	12,520	1,7%	0,1244	10,4%
Média da população amostrada (109 matrizes)						16,010		12,304				0,1115	

a – efeito genético aditivo de cada família. N° de famílias = número de famílias não aparentadas = tamanho efetivo populacional (Ne). FONTE: o autor (2017).

Além dos ganhos já mencionados com o uso das sementes do PSM de primeira geração, é possível selecionar famílias que apresentem bom desempenho nos três locais avaliados, gerando um ganho global adicional de 10,4% em volume individual ao selecionar 20 famílias não aparentadas. Com o aumento da intensidade de seleção, por exemplo, para 10 famílias selecionadas, o ganho genético aumenta para 14,7% em volume individual.

Resultados de outros trabalhos também relataram o aumento do ganho genético com a seleção das melhores famílias dos pomares, como Matziris (2000, p. 8), que avaliou dois testes de progênes de polinização aberta com nove e 10 anos de *Pinus halepensis* Mill. provenientes de um pomar clonal de sementes de primeira geração com 76 clones selecionados em florestas nativas da Grécia. Foram identificados ganhos de 5,2% em altura, 7,68% em DAP e 13% em volume comparativamente a sementes comerciais provenientes de uma Área de Produção de Sementes. Com a remoção de 20% dos clones do pomar com menores valores genéticos, foram obtidos ganhos adicionais de 2,7% em altura, 2,71% em DAP e 8,19% em volume. Ao final o pomar clonal de sementes de primeira geração desbastado apresentou ganhos genéticos de 7,9% em altura, 10,38% em DAP e 21,25% em volume.

Lee (1999, p. 1) verificou ganhos em altura variando de 8% a 12% aos 10 anos para pomares de primeira geração de *Pinus sylvestris* L. contendo 200 clones. A seleção e instalação de um novo pomar clonal com os melhores 40 clones poderia aumentar estes ganhos em altura para até 20%. Por sua vez, Missio et al. (2004, p. 399) avaliando teste de progênes de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* (Barr. et. Golf.) estabelecido com 119 progênes de polinização aberta, estimaram a obtenção de ganho genético de 14,5% em DAP com a seleção de 250 árvores superiores provenientes de 56 progênes (média de 4,46 árvores selecionadas por progênie).

Paludzyszyn Filho, Fernandes e Resende (2002, p. 1724) avaliaram aos sete anos de idade dois testes de progênes de *Pinus taeda* instalado Sengés (24°3' S) e Jaguariaíva (24°5' S), no Estado do Paraná, a partir de 48 progênes de polinização aberta provenientes de um pomar clonal de primeira geração. Ao selecionar os 20 clones com maiores valores genéticos (intensidade de seleção de 42%) os ganhos estimados foram de 8,1% em DAP e 3,8% em Altura.

Carson, Garcia, Hayes (1999, p. 186, 195) avaliaram experimentos instalados em blocos para mensuração de ganhos genéticos de *Pinus radiata* D. Don na Nova

Zelândia em 10 locais. Sementes de polinização aberta compostas por mix de progênies de pomares de primeira geração apresentaram ganhos de 4,5% em altura, 6% em diâmetro e 15% em volume (entre 15 e 17 anos) quando comparadas com sementes coletadas de árvores provenientes de seleção massal em talhões comerciais. Ao considerar um “mix” de sementes provenientes de polinização controlada entre os melhores clones dos pomares, os ganhos foram de 5,3% em altura, 11% em diâmetro e 34% em volume, comparado com sementes coletadas de árvores provenientes de seleção massal em talhões comerciais. Da mesma forma, Kimberley, Moore e Dungey (2015, p. 1684) reportaram ganhos realizados de até 25% em volume aos 30 anos para *Pinus radiata* na Nova Zelândia, comparando lotes de sementes com alto grau de melhoramento genético com sementes sem melhoramento genético.

Xiang, Li e McKeand (2003, p. 120) estimaram para *Pinus taeda* nos EUA que ganhos adicionais variando entre 10 e 40% em volume aos oito anos podem ser obtidos capturando o componente genético não aditivo dos materiais genéticos dos pomares, por meio da produção massal de progênies de irmãos completos ou pela propagação vegetativa.

Uma vez que o aumento da intensidade de seleção reflete no aumento do ganho genético, é possível obter 21,1% de ganho volumétrico aos 5 anos ao utilizar sementes de polinização aberta da melhor família selecionada (TABELA 1.13). Este ganho pode ser operacionalizado com o estabelecimento de minijardins clonais e propagação vegetativa em larga escala por miniestaquia.



## 1.4 CONCLUSÕES

Não foram identificadas diferenças significativamente estatísticas entre as nove procedências de *Pinus maximinoi* avaliadas em Telêmaco Borba-PR, para os caracteres DAP e Altura avaliados.

A idade de cinco anos é adequada para seleção genética dentro de um programa de melhoramento genético de *Pinus maximinoi*, para plantios com rotações de 16 anos.

O ganho estimado em volume com a instalação do Pomar de Sementes por Mudanças de primeira geração foi de 14,8% aos cinco anos e 12,0% aos 12 anos. Os ganhos estimados foram confirmados no desempenho dos testes de progênies de segunda geração aos cinco anos.

Foi identificada significância na interação genótipo x ambiente entre os três locais dos testes de segunda geração.

A seleção das melhores famílias simultaneamente para os três locais testados, aliado com a propagação vegetativa, proporcionará ganhos volumétricos adicionais.

A variabilidade genética dos testes de segunda geração indica a possibilidade de obtenção de ganhos genéticos adicionais para o próximo ciclo de melhoramento

O tamanho efetivo do Pomar de Sementes por Mudanças e dos testes de progênies de segunda geração são adequados para a manutenção da variabilidade da população ao longo das gerações de melhoramento genético.

## 1.5 REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A. V.; SOUSA, V. A.; SHIMIZU, J. Y. Seleção genética de progênes de *Pinus greggii* para formação de pomares de sementes. **Pesquisa Florestal Brasileira**. Colombo, v. 30, n. 62, p. 107-117, mai/jul, 2010.
- CARSON, S. D.; GARCIA, O.; HAYES, J. D. Realized gain and prediction of Yield with genetically improved *Pinus radiata* in New Zealand. **Forest Science**. v. 45, n. 2, 1999.
- COSTA, R. B.; MARTINEZ, D. T.; SILVA, J. C.; ALMEIDA, B. C. Variabilidade e ganhos genéticas com diferentes métodos de seleção em progênes de *Eucalyptus camaldulensis*. **Revista de Ciências Agrárias**, Amazonas, v. 58, n. 1, p. 69-74, jan/mar. 2015.
- CROCKFORD, K. J.; BAYLIS, W. B.; DUNSDON, A. J.; WANYANCH, J. M.; WRIGHT, J. A. PROVENANCE PRODUCTIVITY OF PINUS MAXIMINOI IN SOUTHERN AFRICA. **Commonwealth Forestry Association**. v. 70, n. 4, p. 1-24, dez. 1991.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. v. 2. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2003.
- DAVID, A.; PIKE, C.; STINE, R. Comparison of selection methods for optimizing genetic gain and gene diversity in a red pine (*Pinus resinosa* Ait.) seedling seed orchard. **Theor. Appl. Genet.** v. 107, p. 843-849, jun. 2003.
- DVORAK, W.S.; GUTIÉRREZ, E.A.; GAPARE, W.J.; HODGE, G.R.; OSORIO, L.F.; BESTER, C.; KIKUTI, P. *Pinus maximinoi*. In: **Conservation & testing of tropical & subtropical forest tree species**. CAMCORE Cooperative, College of Natural Resources, NCSU. Raleigh, p. 107-127, 2000.
- ETTORI, L. de C; SATO, A. S.; SHIMIZU, J. Y. Variação genética em procedências e progênes mexicanas de *Pinus maximinoi*. **Revista Instituto Florestal**. São Paulo, v. 16, n. 1, p. 1-9, jun. 2004.
- FIER, I. S. N, **Variação genética e métodos de melhoramento para *Pinus maximinoi* H. Moore em Telêmaco Borba (PR)**. 46 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.
- FURLAN, R. A.; MORI, E. S.; TAMBARUSSI, E. V.; MORAES, C. B.; JESUS, F. A.; ZIMBACK, L. Estrutura genética de populações de melhoramento de *Pinus caribaea* var. *Hondurensis* por meio de marcadores microssatélites. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 553-563, jun. 2007.
- GAPARE, W. J.; HODGE, G. R. Z; DVORAK, W. S. Genetic parameters and provenance variation of *Pinus maximinoi* in Brazil, Colombia and South Africa. **Forest Genetics**. v. 2, p. 159-170, 2001.

GWAZE, D. P.; BRIDGWATER, F. E.; BYRAM, T. D.; WOOLIAMs, J. A.; WILLIAMS, C. G. Predicting age-age genetic correlations in tree-breeding programs: a case study of *Pinus taeda* L. **Theor. Appl. Genet.** v. 100, p. 199-206, 2000.

HAI, P. H.; DUONG, L. A.; TOAN, N. Q.; HÁ, T. T. T. Genetic variation in growth, stem straightness, pilodyn and dynamic modulus of elasticity in second-generation progeny tests of *Acacia mangium* at three sites in Vietnam. **New Forests**. v. 46, p. 577-591, abr. 2015.

HALLINGBÄCK, H. R.; JANSSON, G. Genetic information from progeny trials: a comparison between progenies generated by open pollination and by controlled crosses. **Trees Genetics & Genomes**. Berlin, v. 9, p. 731-740, jan. 2013.

HENDERSON, C. R. Sire evaluation and genetic trends. In: **ANIMAL BREEDING AND GENETICS SYMPOSIUM IN HONOR OF J. LUSH**. Champaign, 1973. Champaign: American Society of Animal Science, 1973, p.10-41.

HENDERSON, C. R. Best linear unbiased estimation and prediction under a selection model. **Biometrics**, v. 31, n. 2, p. 423-447, jun. 1975.

IWAKIRI, S.; MANHIÇA, A. A.; RAMIREZ, M. G. L.; MATOS, J. L. M.; BONDUELLE, G. M.; PRATA, J. G. Avaliação da qualidade de painéis compensados de *Pinus maximinoi*, *Pinus oocarpa* e *Pinus tecunumannii* com diferentes composições estruturais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 2, p. 315-321, abr.-jun., 2012.

KAGEYAMA; P. Y.; SPELTZ, R. M.; SILVA, A. P.; FERREIRA, M. Variação genética entre e dentro de progênies de *Pinus patula* schiede e Deppe na região de Telêmaco Borba - PR. **Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais**, n.15, p. 21-39, 1977.

KIMBERLEY, M. O.; MOORE, J. R.; DUNGEY, H. S. Quantification of realised genetic gain in radiata pine and its incorporation into growth and yield modeling systems. **Can. J. For. Res.** Canadá, v. 45, p. 1676-1687, set. 2015.

KLABIN. Dados do mapeamento de solos da Fazenda Monte Alegre, Telêmaco Borba-PR, 2017. (não publicado).

KLOCK, U. **Qualidade da Madeira Juvenil de *Pinus maximinoi* H. E. Moore**. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

KLOCK, U.; ANDRADE, A. S.; BITTENCOURT, E.; MOCELIN, E. Z.; CREPALDI, C. Propriedades do papel kraft a partir da madeira juvenil de *Pinus maximinoi* H.E. Moore e *Pinus taeda* L. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 1, p. 33-44, jan/abr, 2004.

LEE, S. Genetic gain from Scot Pine: Potential for new commercial seed orchard. **Forestry**. Edinburgh, v. 27, p. 1-4, jul. 1999.

MALAN, F. S. The wood properties and sawn-board quality of South African-grown *Pinus maximinoi* (HE Moore). **Southern African Forestry Journal**. v. 208, p. 39-47, 2006.

MARTINEZ, D. T.; RESENDE, M. D. V.; COSTA, R. B.; HIGA, A. R.; SANTOS, G. A.; FIER, I. S. N. Estudo da interação Genótipo x Ambiente em progênies de *Pinus taeda* por meio da análise de parâmetros genéticos. **Floresta**. Curitiba, v. 42, n. 3, p. 539-552, jul/set. 2012.

MATZIRIS, D. Genetic variation and realized genetic gain from Aleppo Pine improvement. **Silvae Genetica**. v. 49, n. 1, p. 5-10, 2000.

MISSIO, R. F.; DIAS, L. A. S.; MORAES, M. L. T.; RESENDE, M. D. V. Selection of *Pinus caribaea* var. *bahamensis* progênies based on the predicted genetic value. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**. Brasil, v. 4, p. 399-407, nov. 2004.

MORI, E. S. Pomares de sementes florestais. **Série Técnica IPEF**. Piracicaba v. 5, n. 16, p. 1-27, set. 1988.

MUTETE, P.; MUREPA, R.; GAPARE, W. J. Genetic parameters in subtropical pine F<sub>1</sub> hybrids: heritabilities, between-trait correlations and genotype-by-environment interactions. **Tree Genetics & Genomes**. Berlin, v. 11, n. 93, p. 1-16, set. 2015.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; FERNANDES, J. S. C.; RESENDE, M. D. V. Avaliação e seleção precoce para crescimento de *Pinus taeda*. **Pesq. Agropec. Bras.** Brasília, v. 37, n. 12, p. 1719-1726, dez. 2002.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Londrina: Planta, 2001.

RESENDE, M. D. V. de. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002

RESENDE, M. D. V. **SELEGEN-REML/BLUP. Sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos**. Colombo: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa - Florestas), 2007(a).

RESENDE, M. D. V. **Matemática e Estatística na análise de Experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa - Florestas), 2007(b).

RESENDE, M. D. V.; BERTOLUCCI, F. L. G. Maximization of genetic gain with restriction on effective population size and inbreeding in *Eucalyptus grandis*. In: IUFRO CONFERENCE "EUCALYPT PLANTATIONS: Improving Fibre Yield And Quality", 1995, Hobart. **Proceedings...** Hobart: IUFRO-CRCTHF, 1995. p. 167-170.

SAMPAIO, P. de T.B. **Variação genética entre procedências e progênies de *Pinus oocarpa* Schiede, *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. & Golf, e *Pinus maximinoi* H. E. Moore e métodos de seleção para melhoramento genético**. 169 p. (Tese de Doutorado) - Setor de Ciências Agrárias, UFPR, Curitiba, 1996.

SAMPAIO, P. T. B.; RESENTE, M. D. V.; ARAÚJO, A. J. Estimativas de parâmetros genéticos e métodos de seleção para o melhoramento genético de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Pesq. Agropec. Bras.** Brasília, v. 35, n. 11, p. 2243-2253, nov. 2000.

SANTOS, G. A.; RESENTE, M. D. V.; SILVA, L. D.; HIGA, A.; ASSIS, T. F. Interação genótipo x ambiente para produtividade de clones de *Eucalyptus* L'Hér. no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 39, n. 1, p. 81-91, 2015.

SHIMIZU, J. Y.; SPIR, I. H. Z. Seleção de *Pinus elliottii* pelo valor genético para alta produção de resina. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 38, p. 103-117, jan./jun. 1999.

SOARES, I. D.; HIGA, A. R.; JUNIOR, P. C. F.; ENGEL, M. L.; ANDREJOW, G. P. Estratégias de seleção de progenies de *Eucalyptus saligna* para produção de sementes melhoradas. **Scientia Florestalis**. Piracicaba, v. 45(114), p. 319-326, jun. 2017.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E., ed. **Melhoramento e produção de milho no Brasil**. Piracicaba: Fundação Cargill, 1978. p.122-201

VENCOSVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992.

VERGARA, R.; WHITE, T.; HUBER, D. A.; SHIVER, B. D.; ROCKWOOD, D. L. Estimated realized gains for first-generation slash pine (*Pinus elliottii* var. *elliottii*) tree improvement in the southeastern United States. **Can. J. For. Res.** Canadá, v. 34, p. 2587-2600, jul. 2004.

WENG, Y. H.; ADAMS, G. W.; FULLARTON, M. S.; TOSH, K. J. Genetic parameters of growth and stem quality traits for Jack pine second-generation progeny tested in New Brunswick. **Can. J. For. Res.** Canadá, v. 45, p. 36-43, 2015.

WRIGHT, J. A.; BAYLIS, B. Volume, pulp and paper-making traits of *Pinus maximinoi* provenances planted at two sites in South Africa. **South African Forestry Journal**, n. 165, p. 37- 40, junho, 1993.

WRIGHT, J. A.; OSORIO, L. F.; LAMBETH, C. C. Development of a tree improvement program with *Pinus maximinoi* in Colombia. **Forest Ecology and Management**. Amsterdam, v. 62, p. 313-322, 1993.

WRIGHT, J.A. WESSELS, A. Laboratory scale pulping of *Pinus pseudostrobus*, *P. maximinoi* and *P. patula*. **IPEF International**. Piracicaba, v. 2, p. 39-44, 1992.

XIANG, B.; ISIK, F.; Time trend of genetic parameters in growth traits of *Pinus taeda* L. **Silvae Genetica**. v. 52, n. 3-4, p. 114-121, 2003.

ZANI FILHO, J.; BALLONI, E. A.; KAGEYAMA, P. Y. Manejo de áreas produtoras de sementes visando a operacionalização de programas de melhoramento genético baseado em multipopulações. **Circular técnica**. n. 152, set.1987.

## CAPÍTULO 2

### **AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE ÉPOCAS DE COLETA E DENSIDADE APARENTE DE CONES NA QUALIDADE DE SEMENTES DE *Pinus maximinoi* H. E. Moore.**

#### **RESUMO**

*Pinus maximinoi* H. E. Moore é uma espécie tropical que apresenta grande potencial para utilização em plantios de larga escala no Brasil, para produção de madeira para diversos fins. Entretanto, a produção de grandes quantidades de sementes de qualidade é um gargalo para a expansão dos plantios. O presente trabalho objetivou avaliar a maturação de sementes da espécie em Telêmaco Borba-PR e definição da densidade aparente ideal dos cones para a coleta e obtenção de sementes com alto potencial germinativo. Amostras semanais de cones foram coletadas de um Pomar Clonal de Sementes entre os meses de outubro e dezembro de 2014, sendo avaliada a densidade aparente dos cones, realizada a extração das sementes, o armazenamento e a análise de germinação. Foram observadas altas proporções de sementes vazias (54%), porém sem relação com a época de coleta dos cones. O peso, porcentual de umidade e densidade aparente dos cones decrescem com o avanço das datas de amostragem, enquanto o percentual de germinação e o vigor das sementes aumentam. A densidade aparente dos cones se mostrou um bom indicador para a determinação do ponto ideal de coleta das sementes, sendo que quanto menor a densidade aparente, maior o percentual de germinação ( $R^2=0,96$ ). Recomenda-se realizar a coleta dos cones quando os mesmos apresentarem densidade aparente abaixo de  $1,0 \text{ g/cm}^3$ .

Palavras-chave: *Pinus* tropical. Coleta de cones. Maturação fisiológica de sementes.

EVALUATION OF THE COLLECTION TIME INFLUENCE AND CONE SPECIFIC GRAVITY IN SEEDS QUALITY OF *Pinus maximinoi* H. E. Moore.

**ABSTRACT**

*Pinus maximinoi* H. E. Moore is a tropical species that presents great potential use for large scale plantations in Brazil, for the productions of wood for several purposes. However, the large production of quality seeds is a challenge for the expansion of plantations. This study aimed to evaluate the seed maturation of this species in Telêmaco Borba-PR and to define the ideal cone specific gravity for collection and seed obtainment with high germinative potential. Periodic cone samples were collected from a Clonal Seed Orchard between October and December 2014, and the specific gravity was evaluated, seed extraction, storage and germination analysis was performed. High proportions of empty seeds (54%) were observed, although unrelated with the cone collection time. The cone weight, humidity percentage and specific gravity decrease with the advance of the sampling dates, while the percentage of seed germination and seed vigor increases. The cone specific gravity showed to be a good indicator for the determination of ideal point for seed collection, and the lower specific gravity the higher germination percentage ( $R^2=0.96$ ). It is recommended to collect the cones when they have the specific gravity below 1.0 g/cm<sup>3</sup>.

Key words: Tropical pine. Cone collection. Seeds physiological maturation.



## 2.1 INTRODUÇÃO

Em sua região de ocorrência natural, *Pinus maximinoi* H. E. Moore apresenta cones variando de 4,5 cm a 10,4 cm de comprimento, ocorrendo em grupos de três ou quatro, produzindo aproximadamente 145 sementes por cone, possuindo em média 75.500 sementes por quilograma (DVORAK et al., 2000, p. 107). Entretanto pode apresentar baixa produção de sementes quando plantada em ambientes exóticos (ISAZA, 2008, p. 43, 2009, p. 4).

A baixa disponibilidade de sementes de *Pinus maximinoi* no Brasil torna muito importante a maximização da qualidade fisiológica da pequena quantidade produzida, com a finalidade de obtenção de sementes com alto percentual de germinação e vigor.

A obtenção de sementes de alta qualidade está diretamente relacionada ao estudo da maturação das sementes, que objetiva definir o momento ideal de colheita e o estágio de máxima qualidade das sementes, denominado de maturidade fisiológica. A maturidade fisiológica, atingida quando a semente alcança o máximo peso de matéria seca e apresenta acentuada redução no teor de água, é acompanhada por alterações no aspecto externo de frutos e sementes, apresentando máxima germinação e vigor (POPINIGIS, 1985, p. 19; SOUZA; LIMA, 1985, p. 97; CARVALHO; NAKAGAWA, 1988, p. 99; AGUIAR et al., 2007, p. 3; LAZAROTTO et al., 2011, p. 13; SILVA, 2015, p. 19). A coleta de sementes neste estágio também é determinante no sucesso de seu armazenamento.

Sendo assim, é importante conhecer o ponto de maturação fisiológica para determinar o momento ideal de coleta dos cones, em que as sementes se encontrem maduras, mas ainda sem iniciar o processo de dispersão, para que a produção de sementes não seja perdida para o ambiente (BARNETT, 1976a, p. 51).

O indicador mais utilizado para diversas espécies de coníferas para avaliação do ponto de maturação fisiológica é a densidade aparente dos cones (SCHUBERT; RIETVELD, 1970, p. 6, 7; BARNETT, 1976b, p. 54). Segundo Barnett, (1976b, p. 54) o ponto de maturação fisiológica para *Pinus taeda* ocorre quando a densidade aparente dos cones atinge 0,88 g/cm<sup>3</sup>, momento em que maior número de sementes são obtidas por cone e maiores índices de germinação são alcançados.

Neste sentido o presente trabalho objetivou avaliar a maturação de sementes de *Pinus maximinoi*, com a finalidade de identificar fatores que influenciam a germinação de sementes, assim como definir um indicador de maturação a partir da

densidade aparente dos cones, para definição do momento ideal de coleta dos cones e obtenção de sementes de alta qualidade fisiológica.

## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.2.1 *Amostragens de cones*

A fonte de materiais utilizada para definição de padrões de coleta de cones foi um Pomar Clonal de Sementes (PCS) instalado em 1998 em Telêmaco Borba-PR localizado na Latitude 24°6'33,988"S, Longitude 50°35'40,778"O, e a 780 m de altitude. O pomar possui área de 5,5 hectares, com 117 árvores matrizes, provenientes de 20 clones, resultando em uma densidade de 21 árvores por hectare.

O padrão de coleta de cones foi avaliado comparando valores de densidade aparente com o percentual de germinação de sementes em distintos momentos de coleta. Amostras de cones foram coletadas em intervalos de aproximadamente uma semana, entre os meses de outubro e dezembro de 2014, totalizando oito períodos de amostragem (28/10/2014 a 18/12/2014).

A amostragem de cones foi realizada em quatro clones do PCS, sendo amostradas três árvores por clone, totalizando 12 árvores. Semanalmente cinco cones de cada árvore foram amostrados no terço superior da copa, que foi dividida em quatro quadrantes. Dos cinco cones amostrados de cada árvore, quatro foram utilizados para análise de densidade aparente e em seguida os mesmos foram secos ao ar livre para liberação das sementes e armazenamento das mesmas e um cone foi utilizado para determinação de teor de umidade. Sendo assim, a cada semana foram coletados 60 cones, dos quais 48 cones foram utilizados para análise de densidade aparente e extração das sementes e 12 para determinação de teor de umidade.

Foram coletados dados de diâmetro e comprimento dos cones com a utilização de paquímetro digital e a densidade aparente dos cones foi determinada individualmente, imediatamente após a coleta das árvores, dividindo o peso do cone fresco pelo volume do mesmo. O volume foi obtido por meio do peso da água deslocada após imersão total de cada cone em um recipiente com água sobre uma balança com duas casas decimais de precisão, utilizando como base a NBR 11941/2003 (Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 2003, p. 2-5).

Foram mensurados a massa fresca de cada cone e a massa seca em estufa (105°C até peso constante) e o grau de umidade foi determinado pela expressão:

$$U\% = \frac{Mf - Ms}{Mf} * 100$$

$U\%$  = teor de umidade

$Mf$  = massa fresca (g)

$Ms$  = massa seca (g)

O beneficiamento foi realizado cuidadosamente, extraíndo manualmente as sementes dos cones e em seguida as mesmas foram levemente pressionadas manualmente contra uma peneira fina, para retirada das alas. Ao final, todas as sementes foram armazenadas, sem a separação de sementes vazias. O armazenamento foi realizado em pacotes plásticos identificados e acondicionados em câmara fria úmida de sementes a 3°C.

As sementes foram beneficiadas separadamente por árvore e por data de coleta. Em seguida, as sementes das três árvores de cada clone foram agrupadas por data de coleta, formando uma amostra composta para as análises de germinação, resultando em quatro amostras por data de coleta, referentes aos quatro clones amostrados. Uma vez que foram realizadas amostragens em oito semanas, ao total foram obtidos 32 lotes de sementes.

### *2.2.2 Análise de germinação de sementes*

A análise de germinação foi realizada no laboratório de biotecnologia da Klabin S.A em Telêmaco Borba-PR. Os 32 tratamentos foram analisados separadamente em um único teste de germinação. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso com 32 tratamentos e quatro repetições de 25 sementes.

Inicialmente as sementes foram tratadas por três minutos em solução de hipoclorito (diluição de 2% da solução comercial que possui 2,5% de hipoclorito) e em seguida foram lavadas três vezes com água destilada. Na sequência, as sementes foram distribuídas em recipientes tipo Gerbox contendo três folhas de papel filtro umedecidas com água destilada (três vezes o peso do papel), com 25 sementes por

Gerbox. Os recipientes foram identificados e fechados com as respectivas tampas e acondicionados em câmara de germinação a  $25^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  com fotoperíodo de 16 horas de luz, onde permaneceram por 21 dias (MAPA, 2013, p. 71).

Contagens diárias de germinação e formação de plântulas foram realizadas. Foi considerada semente germinada a semente que emitiu radícula e; considerada plântula, após o surgimento de no mínimo cinco milímetros dos cotilédones.

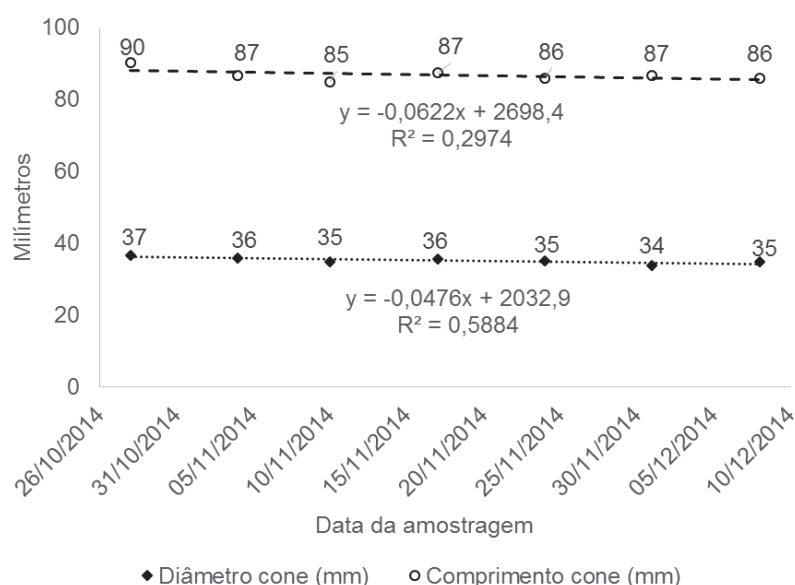
Ao final dos 21 dias de teste as sementes não germinadas foram avaliadas individualmente e classificadas como sementes duras (sementes com endosperma que não germinaram) e sementes vazias (sementes sem endosperma).

Os resultados foram tabulados e porcentagens de germinação e de emergência de plântulas foram calculados para cada repetição de tratamento. O Índice de Velocidade de Germinação (IVG) foi calculado para cada repetição de cada tratamento, de acordo com metodologia proposta por Maguire (1962, p. 176). A partir dos dados obtidos de cada repetição foram calculadas, para cada variável, médias que então foram analisadas por meio de ajustes de equações (retas e polinomiais), em função dos períodos de amostragem.

## 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos resultados de mensuração das dimensões dos cones, verificou-se que os diâmetros e comprimentos médios praticamente não variaram ao longo do período de amostragem. O comprimento médio dos cones variou de 85 mm a 90 mm e o diâmetro médio apresentou variação de 34 mm a 37 mm (FIGURA 2.1).

FIGURA 2.1 – COMPRIMENTO E DIÂMETRO MÉDIOS DE CONES DE *Pinus maximinoi* AMOSTRADOS AO LONGO DO TEMPO EM TELÊMACO BORBA-PR.



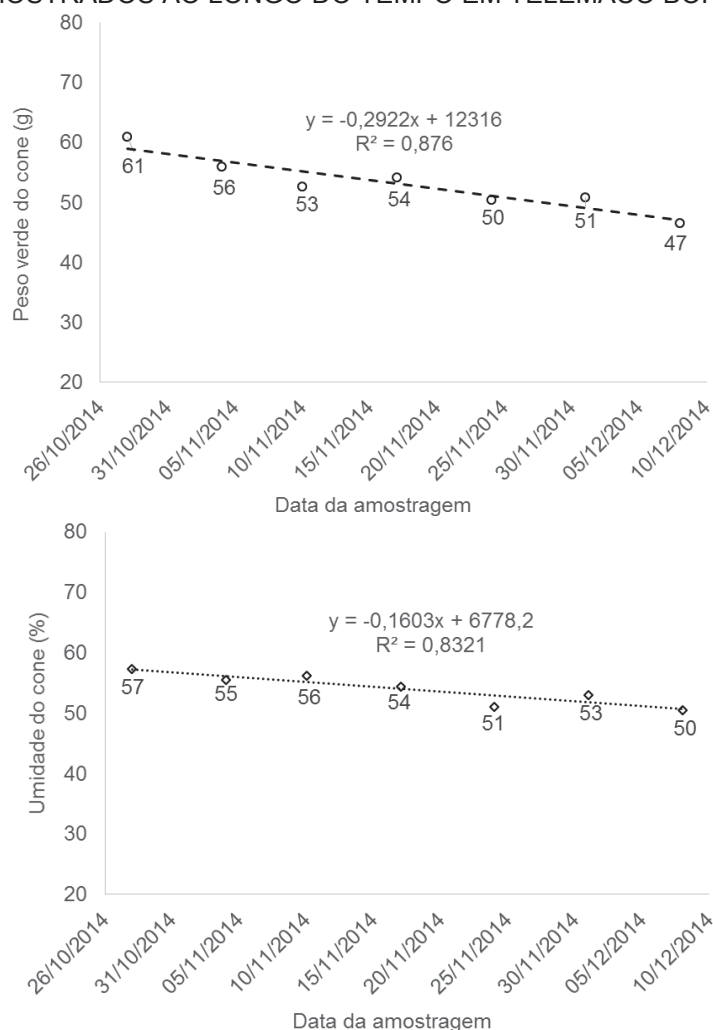
Dados coletados até a penúltima amostragem, antes da abertura dos cones.

FONTE: o autor (2017)

Em Telêmaco Borba-PR, *Pinus maximinoi* geralmente produz estróbilos femininos receptivos e dispersão de pólen no mês de agosto e disseminação de sementes no mês de dezembro do ano subsequente, apresentando desta forma um ciclo reprodutivo de 16 meses. Esta pequena variação do tamanho dos cones observadas nas últimas semanas antes da dispersão das sementes evidencia que os mesmos já estavam totalmente formados.

O peso médio dos cones apresentou queda ao longo do período da amostragem, sendo reflexo da diminuição do percentual de umidade (FIGURA 2.2).

FIGURA 2.2 – PESO MÉDIO DE CONES VERDES E PORCENTAGEM DE UMIDADE DE CONES DE *Pinus maximinoi* AMOSTRADOS AO LONGO DO TEMPO EM TELÊMACO BORBA-PR.



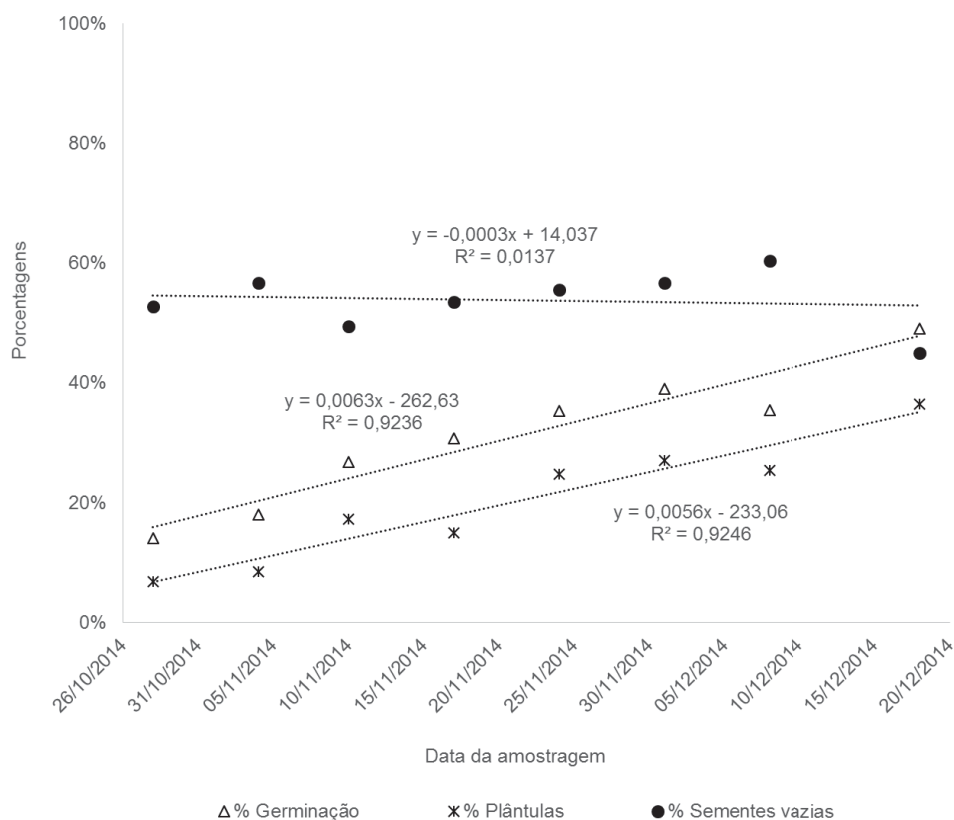
Dados coletados até a penúltima amostragem, antes de iniciar a abertura dos cones.  
 FONTE: o autor (2017)

A diminuição do peso e do percentual de umidade dos cones ao longo do período de amostragem está de acordo com estudos desenvolvidos para diversas espécies, que demonstram que o ponto de maturação fisiológica está relacionado com a diminuição da umidade dos frutos e sementes (SOUZA; LIMA, 1985, p. 97; AGUIAR et al., 1988, p. 50; RAGAGNIN, 1994, p. 33; FONSECA et al., 2005, p. 139; LOPES; SOARES, 2006, p. 626; AGUIAR et al., 2007, p. 4; LAZAROTTO et al., 2011, p. 13).

Foi verificado uma alta proporção de sementes vazias (média de 54 % entre todas as amostragens), porém a porcentagem de sementes vazias não está correlacionada às datas de amostragens ( $R^2$  0,0137), indicando que as causas da existência de sementes vazias não estão relacionadas à época de coleta dos cones e ao ponto de maturação fisiológica das sementes (FIGURA 2.3).



FIGURA 2.3 - PORCENTAGEM DE GERMINAÇÃO, PORCENTAGEM DE PLÂNTULAS E PORCENTAGEM DE SEMENTES VAZIAS DE *Pinus maximinoi* AMOSTRADOS AO LONGO DO TEMPO EM TELÊMACO BORBA-PR



FONTE: o autor (2017)

Outros trabalhos relataram a problemática de sementes vazias em *Pinus* spp. (GRIFFIN; LINDGREN, 1985, p. 334; SETIAWATI; RIDING; SWEET, 1999, p. 372; TIGABU; ODEN, 2003, p. 173; OWENS; KITTIRAT; MAHALOVICH, 2008, p. 808).

Setiawati, Riding e Sweet (1999, p. 372), avaliando *Pinus radiata* D. Don, encontraram altas quantidades de sementes vazias (76%) em cruzamentos controlados, sendo que metade das sementes vazias chegaram a conter embriões, os quais em seguida foram abortados e a outra metade não apresentou evidências de fertilização.

Griffin e Lindgren (1985, p. 334) verificaram que cruzamentos endogâmicos em *Pinus radiata* estavam relacionados com a produção de sementes vazias. Owens, Kittirat e Mahalovich (2008, p. 803, 807) estudando *Pinus albicaulis* Engelm observaram 30% de sementes vazias, atribuindo entre possíveis causas o aborto do embrião após a fertilização devido a autofecundações. Owens e Fernando (2007, p. 260, 263) observaram em cones de *Pinus monticola* Dougl. Ex D. Don que 30% dos óvulos foram abortados antes da efetiva polinização e 25% abortaram provavelmente

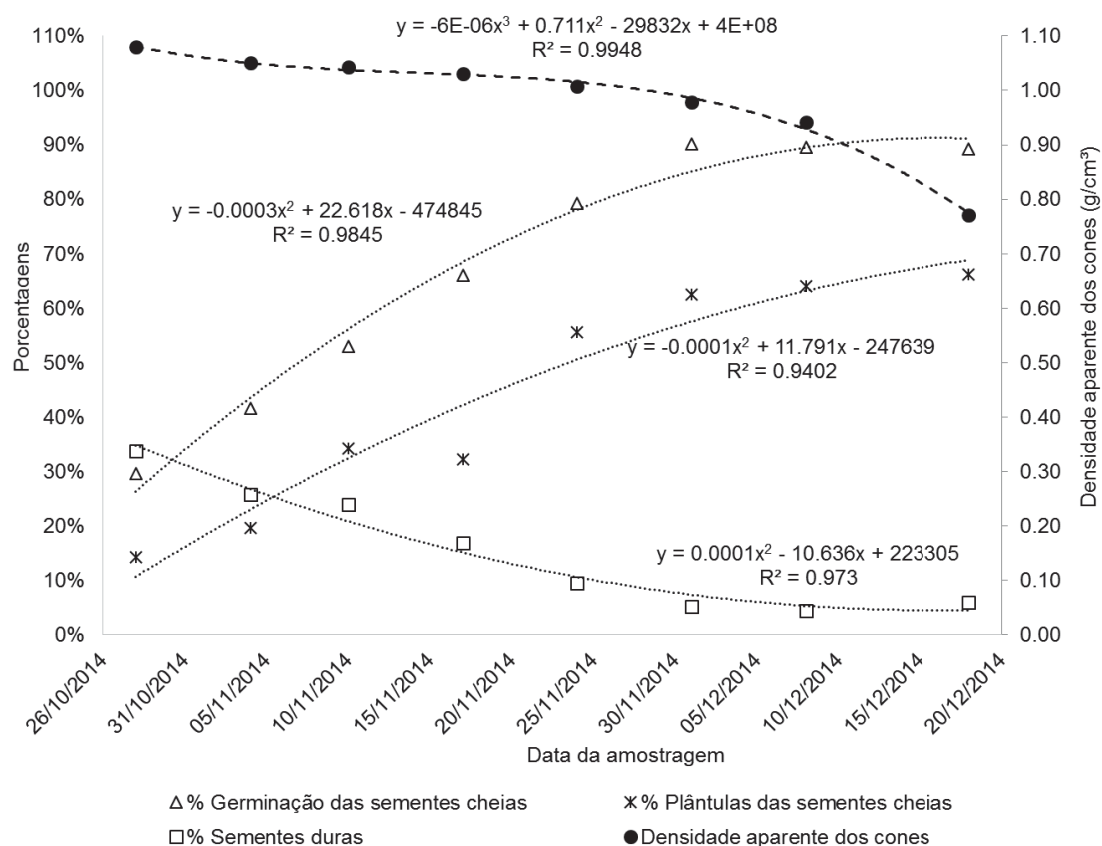
por autoincompatibilidade durante o processo de fertilização. Iwaizumi e Takahashi (2012, p. 521) verificaram que em *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc, a autofecundação produziu aproximadamente 10% de sementes cheias enquanto a fecundação cruzada artificial produziu cerca de 60% de sementes cheias e a polinização aberta produziu aproximadamente 70% de sementes cheias. Por sua vez, Moody e Jett (1990, p. 33) verificaram que a qualidade fisiológica de polens armazenados influenciou na quantidade de sementes vazias em cruzamentos de *Pinus taeda*.

Desta forma, verifica-se que a alta proporção de sementes vazias obtidas nas amostragens de *Pinus maximinoi* não está relacionada ao ponto de maturação fisiológica, mas a outros fatores não avaliados no presente estudo. Possíveis explicações podem estar relacionadas ao limitado número de matrizes disponíveis para disponibilização de pólen no pomar (densidade de apenas 21 árvores por hectare) e a liberação de pólen de forma dessincronizada entre os clones dos pomares, tendo como consequência autofecundações e posteriormente aborto do embrião das sementes. Gomory, Bruchanik e Longauer (2003, p. 121) reportaram florescimento dessincronizado em *Pinus sylvestris* L. Outros fatores como condições ambientais e nutricionais também poderiam ser fatores de influência.

Foi verificado que o percentual de germinação e de plântulas aumenta proporcionalmente à medida que as datas de amostragens progridem, indicando o avanço da maturação das sementes (FIGURA 2.3). Entretanto, devido ao alto percentual de sementes vazias, o máximo de germinação e plântulas obtidos foram de somente de 49% e 36% na última coleta, respectivamente.

Com a finalidade de retirar a influência das sementes vazias, os dados foram analisados considerando somente as sementes cheias (com endosperma), para as variáveis germinação e geração de plântulas (FIGURA 2.4).

FIGURA 2.4: PORCENTAGEM DE GERMINAÇÃO DAS SEMENTES CHEIAS, PORCENTAGEM DE PLÂNTULAS GERADAS A PARTIR DAS SEMENTES CHEIAS, PORCENTAGEM DE SEMENTES DURAS E DENSIDADE APARENTE DOS CONES, AO LONGO DO TEMPO DE AMOSTRAGEM DE *Pinus maximinoi* EM TELÊMACO BORBA-PR.



FONTE: o autor (2017)

Verifica-se que o percentual de germinação e de geração de plântulas aumentou expressivamente ao se desconsiderar as sementes vazias. Neste caso, a germinação chegou a 90% nas últimas coletas e o percentual de plântulas chegou a 66% na última coleta.

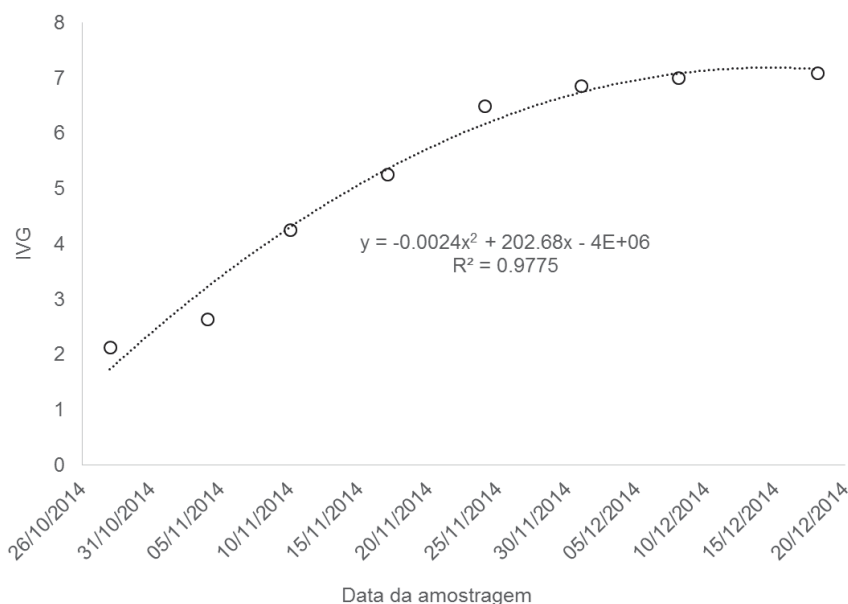
Trabalhos com outras espécies também encontraram relação entre o avanço das datas de coleta dos frutos com o aumento do potencial germinativo das sementes (KANASHIRO, 1982, p. 8, 9; SOUZA; LIMA, 1985, p. 97; RAGAGNIN, 1994, p. 33; FONSECA et al., 2005, p. 139; AGUIAR et al., 2007, p. 3; SILVA, 2015, p. 19), sendo indicativo da maturação fisiológica das sementes.

O percentual de sementes duras (sementes com endosperma que não germinaram) diminui com o avanço das datas de amostragem (FIGURA 2.4). Padrão semelhante foi verificado por Fonseca et al., (2005, p. 139) em *Tabebuia chrysotricha* Standl, observando diminuição no percentual de sementes mortas com o avanço da maturação das sementes.

A diferença entre o percentual de germinação e o percentual de plântulas deve estar relacionada ao tempo da análise de germinação. Aparentemente os 21 dias de análise não foram suficientes para a emergência de plântulas de boa parte das sementes germinadas (que emitiram radícula).

O Índice de Velocidade de Germinação (IVG) também aumentou no decorrer do tempo (FIGURA 2.5), indicando que sementes coletadas no período adequado de maturação possuem maior vigor. Este mesmo padrão foi observado por Souza e Lima (1985, p. 97) em *Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan, por Aguiar et al. (2007, p. 3) em *Caesalpinia echinata* Lam. e por Silva (2015, p. 22) em *Acacia mangium* Willd.

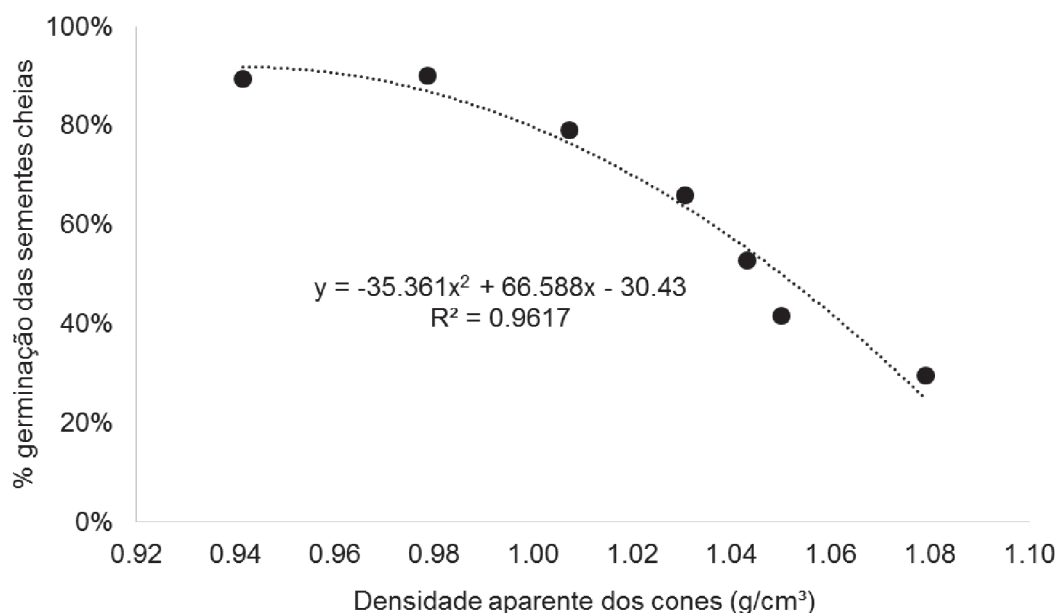
FIGURA 2.5 - ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO (IVG) DE SEMENTES DE *Pinus maximinoi* AO LONGO DOS PERÍODOS DE AMOSTRAGEM EM TELÊMACO BORBA-PR.



FONTE: o autor (2017)

A densidade aparente dos cones mostrou-se um bom indicador para avaliação da maturação de sementes de *Pinus maximinoi*, sendo que a relação entre densidade aparente e germinação das sementes cheias pode ser verificada na FIGURA 2.6. Também é possível constatar na FIGURA 2.4 que a densidade aparente dos cones decresce à medida que as datas de amostragem avançam, sendo também um reflexo da perda de umidade dos cones ao longo do tempo (FIGURA 2.2).

FIGURA 2.6: RELAÇÃO ENTRE GERMINAÇÃO DAS SEMENTES CHEIAS E DENSIDADE APARENTE DOS CONES (ANTES DE INICIAR A ABERTURA NATURAL) PARA *Pinus maximinoi* EM TELÊMACO BORBA-PR.



FONTE: o autor (2017).

O potencial de germinação das sementes de *Pinus maximinoi* aumenta à medida que a densidade aparente dos cones decresce. Bianchetti (1981, p. 29) relata que os cones de *Pinus elliottii* Engelm e *Pinus taeda* L. estão aptos a serem coletados quando o peso específico dos cones atingirem 0,80 e 0,89 g/cm³, respectivamente. Por sua vez Barnett (1976b, p. 54) aponta como adequada a densidade 0,88 g/cm³ para coleta dos cones de *Pinus taeda*, assim como Wakeley (1951, p. 84) também relata que cones de *Pinus* spp. no sul dos EUA podem ser coletados quando atingirem densidade aparente de 0,89 g/cm³, e iniciam a abertura e liberação de sementes com densidade 0,70 g/cm³.

No presente estudo, cones com densidade aparente abaixo de 1,0 g/cm³ geram sementes com capacidade de germinação das sementes cheias acima de 80% e a partir da densidade aparente 0,95 g/cm³ a germinação das sementes cheias atingiu seu máximo de 92% (TABELA 2.1).

TABELA 2.1 - ESTIMATIVAS DE PORCENTAGEM DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES CHEIAS, A PARTIR DA DENSIDADE APARENTE DOS CONES DE *Pinus maximinoi* EM TELÊMACO BORBA-PR.

Densidade aparente dos cones (g/cm <sup>3</sup> )	Germinação das sementes cheias (%)
1,10	3%
1,09	14%
1,08	24%
1,07	33%
1,06	42%
1,05	50%
1,04	58%
1,03	64%
1,02	70%
1,01	75%
1,00	80%
0,99	83%
0,98	87%
0,97	89%
0,96	91%
0,95	92%
0,94	92%

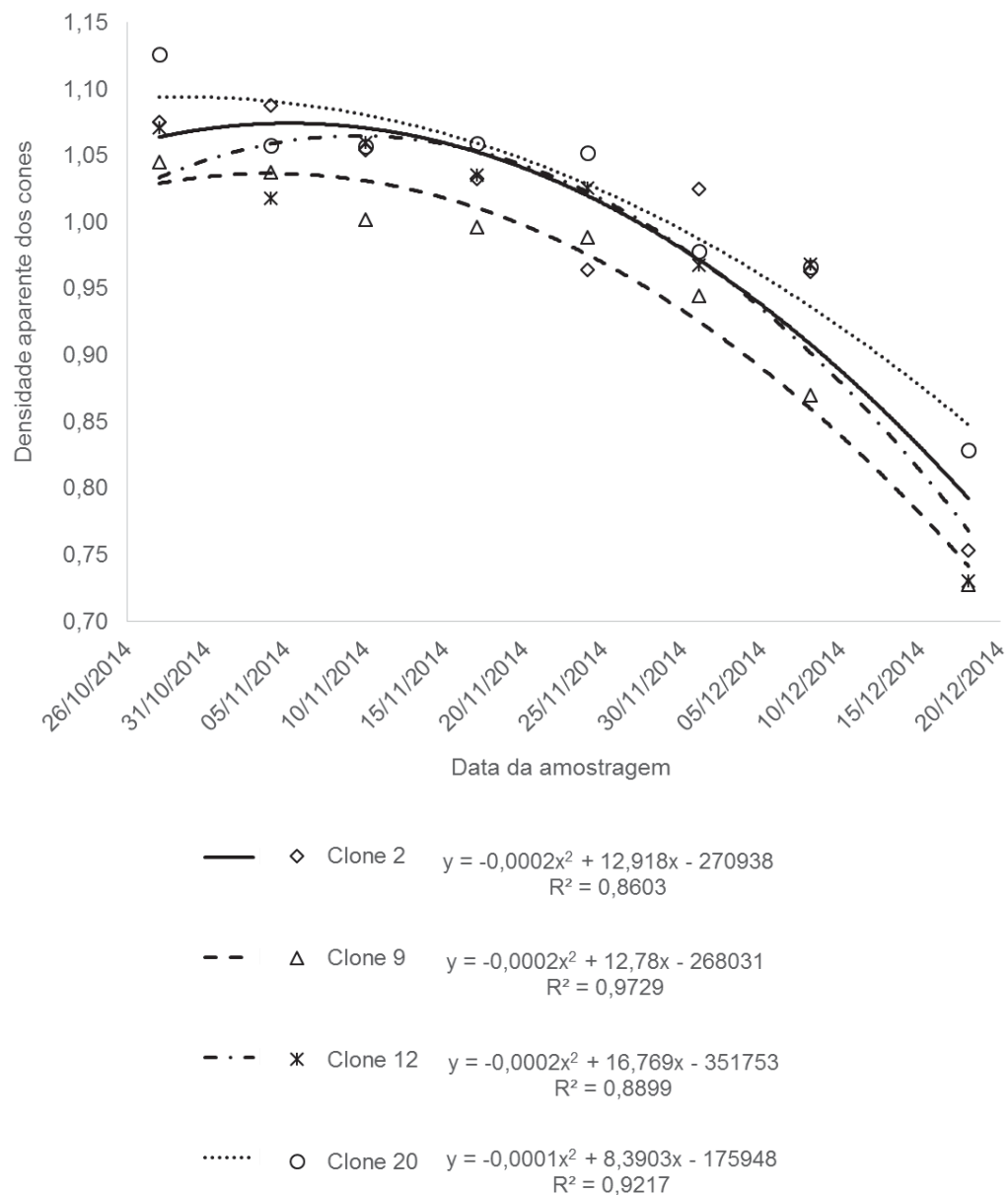
Considerando o modelo ajustado:  $y = -35,361x^2 + 66,588x - 30,43$  ( $R^2=0,9617$ ).

FONTE: o autor (2017).

O valor de 1,0 g/cm<sup>3</sup> de densidade aparente dos cones pode ser considerado como um indicador prático para avaliação de maturação de sementes de *Pinus maximinoi*. A água possui densidade igual a 1,0 g/cm<sup>3</sup>, desta forma testes rápidos em campo podem ser realizados para avaliação da maturação dos cones utilizando-se um recipiente com água. Ao inserir cones recém extraídos das árvores no recipiente com água e os mesmos afundarem, isto indica que os mesmos não estariam aptos a serem coletados (densidade acima de 1,0 g/cm<sup>3</sup>), porém se os cones flutuarem (densidade abaixo de 1,0 g/cm<sup>3</sup>) os mesmos estariam aptos a serem coletados.

Outro aspecto importante a ser considerado é a verificação da variação da maturação dos cones de diferentes materiais genéticos de um pomar. A variação na densidade aparente dos cones entre os materiais genéticos amostrados pode ser observada na FIGURA 2.7.

FIGURA 2.7 - DENSIDADE APARENTE DOS CONES DE QUATRO CLONES DE *Pinus maximinoi*, AO LONGO DAS DATAS DE AMOSTRAGEM EM TELÊMACO BORBA-PR.



FONTE: o autor (2017)

A densidade aparente dos cones dos quatro clones estudados possui um padrão similar de comportamento, entretanto possuem magnitudes diferentes. Por exemplo, o clone 9 apresentou densidades aparentes mais baixas ao longo de todo o período de amostragem, tendo provavelmente atingido o ponto de maturação fisiológica das sementes antes dos demais clones (FIGURA 2.7).

Variações genéticas entre os clones do pomar podem estar influenciando o ponto de maturação das sementes. Variações no florescimento e produção de cones



e sementes foram observadas por Matziris (1993, p. 139, 1997, p. 225, 1998, p. 39) em clones de pomares de *Pinus nigra* Arnold e *Pinus halepensis* Mill. Variações na fertilização das sementes e florescimento dessincronizado de clones de *Pinus sylvestris* em pomares foi reportado por Gomory, Bruchanik e Longauer (2003, p. 121).

Verifica-se que cada clone amostrado do pomar apresentou uma curva de maturação diferenciada, sendo importante o acompanhamento da densidade aparente dos cones por material genético, para uma definição mais adequada do momento correto para coleta dos cones de cada clone do pomar.

## 2.4 CONCLUSÕES

Foi identificado alto percentual de sementes vazias nas sementes de *Pinus maximinoi*, sem relação com o ponto maturação fisiológica das sementes.

A densidade aparente dos cones de *Pinus maximinoi* está correlacionada com a maturação fisiológica das sementes.

É possível melhorar significativamente a germinação e o vigor das sementes de *Pinus maximinoi* ao coletar os cones no ponto de maturação fisiológica, que é atingida quando a densidade aparente estiver abaixo de 1,0 g/cm<sup>3</sup>.

## 2.5 REFERÊNCIAS

- AGUIAR, F. F. A.; PINTO, M. M.; TAVARES, A. R.; KANASHIRO, S. Maturação de Frutos de *Caesalpinia echinata* Lam., Pau-Brasil. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 31, n. 1, p. 1-6, 2007.
- AGUIAR, I. B.; PERECIN, D.; KAGEYAMA, P. Y. Maturação Fisiológica de Sementes de *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, Piracicaba, v. 38, p. 41-49, abr. 1988.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11941**: Madeira – Determinação da densidade básica. Elaboração: Comitê Brasileiro de Celulose e Papel. Rio de Janeiro, 2003.
- BARNETT, J. P. Earlier Collection Dates For Southern Pine Cones. In: Proceedings, Southeastern Area Nursery Conference. Atlanta, GA, p. 50-56, 1976a.
- BARNETT, J. P. Cone and Seed Maturation of Southern Pines. **U.S. Department of Agriculture**, New Orleans, v. 11, p. 1-12, 1976b.
- BIANCHETTI, A. Tecnologia de sementes de essências florestais. **Rev. Bras. Sem.** Brasília, v. 3, n. 3, p. 27-46. 1981.
- CARVALHO, N. M. & NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Campinas: Fundação Cargil, 1988.
- DVORAK, W.S; GUTIÉRREZ, E.A.; GAPARE, W.J.; HODGE, G.R.; OSORIO, L.F.; BESTER, C.; KIKUTI, P. *Pinus maximinoi*. In: **Conservation & testing of tropical & subtropical forest tree species**. CAMCORE Cooperative, College of Natural Resources, NCSU. Raleigh, p. 107-127, 2000.
- FONSECA, F. L.; MENEGARIO, C.; MORI, E. S.; NAKAGAWA, J. Maturidade fisiológica das sementes do ipê amarelo, *Tabebuia chrysotricha* (Mart. Ex DC) Standl. **Scientia forestalis**. Piracicaba, v. 69, p. 136-141, dez. 2005.
- GRIFFIN, A. R., LINDGREN, D. Effect of inbreeding on production of filled seed in *Pinus radiata* — experimental results and a model of gene action. **Theoretical and Applied Genetics**. v. 71, n. 2, p. 334–343. dez 1985.
- GÖMÖRY, D.; BRUCHÁNIK, R.; LONGAUER, R. Fertility Variation and Flowering Asynchrony in *Pinus sylvestris*: Consequences for the Genetic Structure of Progeny in Seed Orchards. **Forest Ecology and Management**. v. 174, p. 117-126, 2003.
- ISAZA, N. **Flower Promotion in *Pinus maximinoi* and *Pinus tecunumanii* in a Tropical Environment, and Artificial Screening of High-Elevation *P. tecunumanii* for Resistance to *Fusarium circinatum***. 117f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor Florestal, Universidade da Carolina do Norte, Raleigh, 2008.

ISAZA, N. Promoción de floración en huertos semilleros de *Pinus maximinoi* y *Pinus tecunumanii* en Colombia. **Boletín de Noticias Camcore para México y Centroamérica**. México, v. 3, n. 2, p.1, abr. 2009.

IWAIZUMI, M. G.; TAKAHASHI, M. Effects of pollen supply and quality on seed formation and maturation in *Pinus densiflora*. **The Botanical Society of Japan and Springer**. Japão, v. 125, p. 517-525, Nov 2012.

KANASHIRO, M.; VIANNA, N. G. **Maturação de Sementes de *Cordia goeldiana* Huber**. Belém: EMBRAPA, 1982. Relatório técnico.

LAZAROTTO, M.; BELTRAME, R.; MUNIZ, M. F. B.; BLUME, E. Maturação fisiológica de sementes de *Erythrina crista-galli* L. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 21, n. 1, p. 9-16, mar. 2011.

LOPES, J. C.; SOARES, A. S. Estudo da Maturação de Sementes de Carvalho Vermelho (*Miconia cinnamomifolia* (Dc.)Naud.). **Ciências Agrotec**. Lavras, v. 30, n. 4, p. 623-628, ago. 2006.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination – aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**. Madison, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.

MATZIRIS, D. Variation in Cone Production in a Clonal Seed Orchard of Black Pine. **Silvae Genetica**. v. 42, n. 1-3, p. 136-141, out. 1993.

MATZIRIS, D. Variation in Growth, Flowering and Cone Production in a Clonal Seed Orchard of Aleppo Pine Grown in Greece. **Silvae Genetica**. v. 46, n. 4, p. 224-228, jun. 1997.

MATZIRIS, D. Genetic variation in cone and seed Characteristics in a Clonal Seed Orchard of Aleppo Pine Grown in Greece. **Silvae Genetica**. v. 47, n. 1, p. 37-41, 1998.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Instruções para Análise de Sementes de Espécies Florestais**. Secretaria de Defesa Agropecuária – Coordenação Geral de Apoio Laboratorial/CGAL, Brasília, 2013.

MOODY, W. R., JETT, J. B. Effects of Pollen Viability and Vigor on Seed Production of Loblolly Pine. **Southern Journal of Applied Forestry**, v. 14, n. 1, p. 33–38, fev 1990.

OWENS, J. N.; FERNANDO, D. Pollination and Seed Production in Western White Pine. **Can. J. For. Res.** Canada, v. 37, p. 260-275, 2007.

OWENS, J. N.; KITTIRAT, T.; MAHALOVICH, M. F. Whitebark Pine (*Pinus albicaulis* Engelm.) Seed Production in Natural Stands. **Forest Ecology and Management**. v. 255, p. 803-809, set. 2008.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1985.

RAGAGNIN, L. I. M.; COSTA, E. C.; HOPPE, J. M. Maturidade Fisiológica de Sementes de *Podocarpus lambertii* Klotzsch. **Ciência Florestal** Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 23-41, 1994.

SCHUBERT, G. H.; RIETVELD, W. J. **Bristlecone pine-its phenology, cone maturity and seed production in the San Francisco Peaks, Arizona**. USDA Forest Service Research Note RM-180, 7 p. 1970.

SETIAWATI, Y. G. B.; RIDING, R. T.; SWEET, G. B. Determination of the Stage at Which Failure Occurred in Empty Control-Pollinated Seeds of *Pinus radiata*. **New Zealand Journal of Forestry Science**. Nova Zelândia, v. 29, n. 3, p. 366-374, ago. 1999.

SILVA, M. D. **Maturação de Frutos e Sementes de *Acacia mangium* Willd.** 57 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba, 2015.

SOUZA, S M.; LIMA, P. C. F. Maturação de Sementes de Angico. **Revista Brasileira de Sementes**. Brasília, v. 2, p. 93-99, 1985.

TIBAGU, M.; ODÉN, P. C. Discrimination of viable and empty seeds of *Pinus pátula* Schiede & Deppe with near-infrared spectroscopy. **New Forests**. Holanda, v. 25, p. 163-176, 2003.

WAKELEY, P. C. **Planting the Southern Pines: Volume 1 – Planting Policies, seed**. Nova Orleans: U.S. Department of Agriculture, 1951.

### CAPÍTULO 3

#### INFLUÊNCIA DO MÉTODO DE PROPAGAÇÃO E TIPOS DE RECIPIENTES NA QUALIDADE DE MUDAS DE *Pinus maximinoi* H. E. Moore.

##### RESUMO

*Pinus maximinoi* H. E. Moore é uma espécie tropical com grande potencial para utilização em plantios comerciais de larga escala, entretanto não vem sendo amplamente explorado no Brasil devido a exigências silviculturais específicas, entre elas, a produção de mudas de qualidade. Na presente pesquisa objetivou-se avaliar os efeitos do uso de diferentes recipientes na qualidade de mudas de *Pinus maximinoi* produzidas via sementes e via miniestaquia, instalando-se um experimento fatorial com três fatores: (1) Método de Propagação (via sementes e via miniestaquia), (2) Tipo de Recipientes (tubetes de polipropileno de 55 cm<sup>3</sup>, 95 cm<sup>3</sup> e 115 cm<sup>3</sup>) e (3) Aberturas Laterais (ausência e presença de aberturas laterais nos recipientes, para a poda aérea de raízes). Aos 230 dias as mudas foram avaliadas quanto ao seu diâmetro, altura, biomassa seca da parte aérea e de raízes, número de raízes e sobrevivência, assim como relações entre alguns destes fatores. As mudas produzidas por miniestaquia apresentaram valores superiores em diâmetro, altura e biomassas secas, porém inferiores em sobrevivência e número de raízes quando comparadas com mudas produzidas via sementes. A utilização de recipientes maiores influenciou positivamente o crescimento das mudas, apresentando maior influência em mudas produzidas via miniestaquia. A presença de aberturas laterais nos recipientes afetou a maioria das variáveis morfológicas avaliados, apresentando em geral valores inferiores para as características de crescimento, quando comparados à ausência de aberturas laterais.

Palavras-chave: Miniestacas; Raízes; Volume de recipientes.

## INFLUENCE OF PROPAGATION METHOD AND CONTAINER TYPE ON *Pinus maximinoi* H. E. Moore SEEDLINGS

### ABSTRACT

*Pinus maximinoi* H. E. Moore is a tropical pine with significant potential for use in large-scale commercial plantations. However, due to specific management requirements, especially the production of good quality seedlings, the species has not been widely exploited in Brazil. The aiming of this study was to evaluate the use of different containers on *P. maximinoi* plants produced from seeds and cuttings. We used a factorial experiment with three factors: (1) propagation method (seedlings vs. cuttings); (2) volume of container (55 cm<sup>3</sup>, 95 cm<sup>3</sup>, and 115 cm<sup>3</sup>); and (3) the presence of lateral openings in containers for root pruning. After 230 days, the trials were evaluated for diameter, height, dry weight of shoots and roots, number of roots and survival. The relationships among the factors were analyzed too. The highest values for diameter, height, and dry weights, were found out in plants produced from cuttings, and lower values for survival and number of roots. Larger containers improve the growth of the plants, with higher impact on cuttings. The presence of lateral openings negatively affected most of the evaluated growth variables when compared with containers without lateral openings.

Key-words: Minicuttings; Roots; Container volume.



### 3.1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui um total de 7,80 milhões de hectares de plantios florestais, sendo 1,58 milhões de hectares compostos pelo gênero *Pinus* spp., dentre os quais 42% estão localizados no Estado do Paraná (IBÁ, 2016, p. 39). A espécie mais plantada no Paraná é *Pinus taeda* L., entretanto de acordo com zoneamento climático da Embrapa Florestas, o Norte do Estado não está classificado como uma região adequada para o desenvolvimento da espécie, uma vez que está situada em um ambiente de transição entre clima subtropical e tropical (HIGA et al., 2008, p. 15). Neste sentido, espécies de pinus tropicais apresentam grande potencial de utilização para o estabelecimento de povoamentos florestais mais produtivos na região, dentre elas *Pinus maximinoi* H. E. Moore.

*Pinus maximinoi*, além de apresentar rápido crescimento volumétrico, possui madeira de qualidade para diversas utilizações em produtos sólidos e para produção de celulose e papel (DVORAK et al., 2000, p. 108; KLOCK et al., 2004, p. 42; IWAKIRI et al., 2012, p. 320). Entretanto, ainda não vem sendo utilizado para estabelecimento de povoamentos comerciais em larga escala no Brasil, sendo que as primeiras tentativas sofreram entraves, principalmente devido à baixa sobrevivência dos povoamentos, relacionada a exigências diferenciadas na silvicultura da espécie, como por exemplo na produção de mudas com parâmetros de qualidade diferenciados, evitando especialmente a compactação de raízes nos recipientes. A espécie também exige maiores cuidados no preparo de solo, adubações e controle de plantas competidoras.

A disponibilidade de fontes de sementes de *Pinus maximinoi* melhoradas geneticamente é bastante limitada, tornando-se importante o desenvolvimento de métodos de produção de mudas seminais de qualidade, assim como metodologias de propagação vegetativa para viabilizar a produção de mudas provenientes de materiais genéticos superiores.

Neste sentido, a produção de mudas via miniestaquia vem sendo utilizada em diversas espécies de pinus, sendo que estudos comparativos demonstram equivalência em crescimento volumétrico em campo quando são utilizados propágulos juvenis (CUMBIE et al., 2011, p. 1152; LU et al., 2012, p. 1404). Por outro lado, a utilização de diferentes tipos de recipientes para produção de mudas de pinus pode afetar a qualidade das mudas, podendo influenciar a sobrevivência e o

desenvolvimento das árvores em campo (PUÉRTOLAS et al., 2012, p. 212; JELIC et al, 2014, p. 475).

Desta forma, o presente estudo objetivou avaliar os efeitos do uso de recipientes de diferentes volumes e aberturas laterais na qualidade de mudas de *Pinus maximinoi* produzidas via seminal e miniestaquia.

### 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram testados os efeitos do uso de diferentes recipientes na qualidade de mudas seminais e de miniestaquia de *Pinus maximinoi*. Instalou-se um experimento fatorial com três fatores: (1) Método de Propagação via sementes e via miniestaquia; (2) Tipo de Recipientes, utilizando tubetes de polipropileno de 55 cm<sup>3</sup>, 95 cm<sup>3</sup> e 115 cm<sup>3</sup>; e (3) Ausência ou presença de Aberturas Laterais nos recipientes, para a poda aérea de raízes (TABELA 3.1).

TABELA 3.1 - RELAÇÃO DE TRATAMENTOS APLICADOS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Pinus maximinoi* EM TELÊMACO BORBA-PR.

Método de Propagação	Tipo de Recipiente	Aberturas Laterais
Miniestaquia	Tubete 55 cm <sup>3</sup>	Ausência Presença
	Tubete 95 cm <sup>3</sup>	Ausência Presença
	Tubete 115 cm <sup>3</sup>	Ausência Presença
Sementes	Tubete 55 cm <sup>3</sup>	Ausência Presença
	Tubete 95 cm <sup>3</sup>	Ausência Presença
	Tubete 115 cm <sup>3</sup>	Ausência Presença

FONTE: o autor (2017).

Os três tipos de recipientes de polipropileno foram utilizados em configuração tradicional assim como foram confeccionadas aberturas laterais horizontais, com o objetivo de possibilitar a poda aérea das raízes (TABELA 3.2; FIGURA 3.1).

TABELA 3.2 – INFORMAÇÕES TÉCNICAS DOS TIPOS DE RECIPIENTES UTILIZADOS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Pinus maximinoi* EM TELÊMACO BORBA-PR.

Tipo	Volume	Abertura superior	Abertura inferior	Altura	Nº estrias	Nº aberturas laterais horizontais	Tamanho de cada abertura lateral
Tubete polipropileno	55 cm <sup>3</sup>	Quadrado (25 mm x 25 mm)	Quadrado (9 mm x 9 mm)	117 mm	4	12	4 mm x 18 mm
Tubete polipropileno	95 cm <sup>3</sup>	Quadrado (38 mm x 38 mm)	Quadrado (14 mm x 14 mm)	100 mm	4	12	4 mm x 30 mm
Tubete polipropileno	115 cm <sup>3</sup>	Circular (38 mm de diâmetro)	Circular (15 mm de diâmetro)	145 mm	8	12	4 mm x 30 mm

FONTE: o autor (2017).

FIGURA 3.1 – FOTOS DOS TIPOS DE RECIPIENTES UTILIZADOS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Pinus maximinoi* EM TELÊMACO BORBA-PR.



FONTE: o autor (2017).

O experimento foi instalado em maio de 2014 no viveiro de pesquisa da empresa Klabin S/A, localizado à Latitude -24° 13' 27'', Longitude -50° 32' 34'', no município de Telêmaco Borba, Paraná, Brasil. O local está a 890 metros de altitude e

possui temperatura média anual de 19,5 °C e precipitação média anual de 1600 mm (KLABIN, 2017), com clima Cfa segundo classificação climática de Köppen.

Para viabilizar a comparação entre os métodos de propagação, foi utilizado o mesmo material genético para os tratamentos propagados via sementes e via miniestaquia, sendo composto por um único lote de sementes contendo cinco progênes de polinização aberta de *Pinus maximinoi*.

O substrato utilizado foi o mesmo para todos os tratamentos e foi formulado com 50% de casca de pinus decomposta, 30% de casca de arroz carbonizada e 20% de fibra de coco, acrescentando adubação de base de liberação lenta (150 gramas de Osmocote® 19:06:10 para cada 100 litros de substrato).

Durante o crescimento das mudas foram utilizadas irrigações com sistema de aspersão e fertilizações diárias (iniciando aos 60 dias) com soluções líquidas de macro e micronutrientes (TABELA 3.3), sendo que todos os tratamentos receberam o mesmo manejo de água e nutrição, seguindo o protocolo padrão de produção de mudas do viveiro.

TABELA 3.3 – COMPOSIÇÃO DE NUTRIENTES EM SOLUÇÕES NUTRITIVAS UTILIZADAS PARA FERTILIZAÇÃO DE MINIJARDIM CLONAL E MUDAS DE *Pinus maximinoi* EM TELÊMACO BORBA-PR.

Minijardim Clonal (produção de miniestacas)		Casa de Sombra (mudas entre 60 a 120 dias)		Pleno Sol (mudas entre 121 a 230 dias)	
Nutriente	mg/L	Nutriente	mg/L	Nutriente	mg/L
N	165	N	100	N	188
P	33	P	55	P	82
K	255	K	51	K	191
Ca	200	Ca	60	Ca	100
Mg	40	Mg	24	Mg	0
S	52	S	67	S	90
B	0,40	B	0,40	B	0,40
Zn	0,05	Zn	0,05	Zn	0,05
Cu	0,06	Cu	0,06	Cu	0,06
Fe	1,60	Fe	0,00	Fe	3,00
Mn	1,04	Mn	1,04	Mn	1,04
Mo	0,02	Mo	0,02	Mo	0,02

FONTE: o autor (2017).

Devido a exigências de manejo distintas no início da produção de mudas via sementes e via miniestaquia, primeiramente o experimento foi dividido em dois, de acordo com o método de propagação. Após o enraizamento das miniestacas e a

obtenção de plântulas (60 dias), todos os tratamentos foram agrupados em casa de sombra, onde receberam o delineamento experimental definitivo.

### 3.2.1 *Produção de mudas via miniestaquia*

Mudas de quatro meses de idade provenientes de sementes de um lote composto por cinco progênies de polinização aberta de *Pinus maximinoi* foram plantadas em canaletas de areia sob estufa agrícola com cobertura plástica e cultivados em sistema semi-hidropônico, realizando-se podas sucessivas para formação de minicepas (minijardim). Adubações diárias com solução nutritiva de macro e micronutrientes foram aplicadas por sistema de gotejamento (TABELA 3.3).

Em maio de 2014, após 22 meses da instalação do minijardim, miniestacas de aproximadamente sete centímetros de comprimento e dois milímetros de diâmetro foram coletadas das minicepas com auxílio de tesouras, acondicionadas em caixas de isopor e borrifadas com água para manutenção da umidade. Em seguida as bases das miniestacas foram inseridas aproximadamente 2,5 cm de profundidade no substrato, em seis diferentes tipos de recipientes (TABELA 3.1) e acondicionados em bandejas. O substrato, fertilização de base e fertirrigação (início após 60 dias) foram idênticos para todos os tratamentos, sendo os mesmos utilizados na produção de mudas via sementes (TABELA 3.3).

O material foi imediatamente acondicionado em casa de vegetação com irrigação por micro aspersão, com umidade relativa média do ar de 80% e temperaturas variando entre 20 e 30°C.

Após permanência por 60 dias em casa de vegetação para formação de raízes as bandejas foram acondicionadas em casa de sombra coberta com tela de 50% de sombreamento.

### 2.2.2 *Produção de mudas via sementes*

Sementes de um lote composto por cinco progênies de polinização aberta de *Pinus maximinoi* (mesmo lote utilizado para produção de minicepas e miniestacas) foram semeadas, em maio de 2014, em seis diferentes tipos de recipientes (uma semente por recipiente) contendo substrato, conforme os tratamentos definidos (TABELA 3.1). As bandejas contendo os recipientes foram acondicionadas em estufa



agrícola (temperaturas variando entre 20 e 30°C), sem sombreamento, com irrigação via micro aspersão conforme necessidade (mantendo o substrato úmido, mas não encharcado), para germinação das sementes.

O substrato, fertilização de base e fertirrigação (início após 60 dias) foram idênticos para todos os tratamentos, sendo os mesmos utilizados na produção de mudas via miniestaquia (TABELA 3.3).

Após 60 dias as bandejas foram transferidas para casa de sombra coberta com tela de 50% de sombreamento.

### *3.2.3 Agrupamento no delineamento estatístico definitivo*

Durante o período de permanência em casa de sombra, após obtenção definitiva de plântulas via sementes e após o enraizamento definitivo das miniestacas, todos os 12 tratamentos receberam o delineamento experimental final, distribuídos em blocos ao acaso, seis repetições (blocos) e 36 plantas por parcela.

Os tratamentos permaneceram por 60 dias em casa de sombra e em seguida as bandejas foram acondicionadas em pátio a pleno sol para crescimento e aclimação, com irrigação por aspersão, conforme a necessidade. Após permanecer por 110 dias em pátio a pleno sol realizou-se a avaliação final do experimento (mudas com 230 dias de idade a partir da semeadura e estaqueamento).

### *3.2.4 Avaliações e análise de dados*

A avaliação do experimento foi realizada quando as mudas atingiram 230 dias, efetuando a mensuração de diâmetro de colo (DIAM) com paquímetro digital e altura com régua (ALT). Os dados foram tabulados e obtidos os valores médios por tratamento, em seguida três plantas com altura média foram obtidas aleatoriamente de cada parcela, para as avaliações destrutivas. As mudas foram retiradas dos recipientes e em seguida as raízes foram lavadas delicadamente com água para retirada completa do substrato.

Foi realizada a contagem do número de raízes saindo do eixo principal de cada muda (Nº RAÍZES) e em seguida cada muda foi seccionada na região do colo, separando a parte aérea das raízes, sendo as mesmas acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa elétrica de circulação forçada até peso constante, para



obtenção da biomassa seca da parte aérea (BSA), biomassa seca de raízes (BSR) e biomassa seca total (BST). Variáveis adicionais foram criadas com a divisão da altura pelo diâmetro do colo (H/D) e pela divisão da biomassa seca da parte aérea pela biomassa seca de raízes (BSA/BSR). O percentual de mortalidade de mudas de cada parcela também foi mensurado (% MORT).

A variável N° RAÍZES foi transformada para as análises por meio de  $\sqrt{x}$ , enquanto o % MORT foi transformado por meio de  $\sqrt{x + 0,5}$ .

A homogeneidade de variâncias e normalidade dos dados foi avaliada e em seguida a análise de dados foi efetuada realizando análises de variância em fatorial triplo e testes de comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software SISVAR® (FERREIRA, 2014, p. 109-112).

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância evidenciou diferenças significativas ao analisar cada fator separadamente. O fator Método de Propagação apresentou diferenças significativas ( $p < 0,01$ ) nas nove variáveis analisadas, seguido pelo fator Tipo de Recipiente (diferenças em seis variáveis) e fator Aberturas Laterais (diferenças em cinco variáveis). Interações significativas foram identificadas entre os fatores Método de Propagação e Tipo de Recipiente para cinco variáveis, enquanto duas variáveis apresentaram interações entre os fatores Tipos de Recipientes e Abertura Lateral (TABELA 3.4).

TABELA 3.4 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA EM ESQUEMA FATORIAL TRIPLO, CONSIDERANDO AS VARIÁVEIS AVALIADAS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Pinus maximinoi* AOS 230 DIAS EM TELÊMACO BORBA-PR.

		DIAM	ALT	H/D	BSR	BSA	BST	BSA/BSR	Nº RAÍZES <sup>(1)</sup>	% MORT <sup>(1)</sup>
FV	GL	Pr>Fc	Pr>Fc	Pr>Fc	Pr>Fc	Pr>Fc	Pr>Fc	Pr>Fc	Pr>Fc	Pr>Fc
PROPAGAÇÃO	1	0,0000**	0,0000**	0,0000**	0,0018**	0,0000**	0,0000**	0,0000**	0,0000**	0,0098**
RECIPIENTE	2	0,0187*	0,0000**	0,0000**	0,0006**	0,0000**	0,0000**	0,9978ns	0,1069ns	0,0746ns
ABERTURA	1	0,0033**	0,0004**	0,1542ns	0,0000**	0,6585ns	0,0341**	0,0000**	0,2555ns	0,5039ns
PROPAGAÇÃO*RECIPIENTE	2	0,3593ns	0,0002**	0,0103*	0,0012**	0,0002**	0,0001**	0,7038ns	0,3159ns	0,0899ns
PROPAGAÇÃO*ABERTURA	1	0,1859ns	0,1246ns	0,6254ns	0,0555ns	0,5863ns	0,2760ns	0,0540ns	0,7292ns	0,6259ns
RECIPIENTE*ABERTURA	2	0,1642ns	0,5545ns	0,3853ns	0,0049**	0,1444ns	0,0305*	0,4452ns	0,0532ns	0,5718ns
PROPAGAÇÃO*RECIPIENTE*ABERTURA	2	0,6526ns	0,9541ns	0,6108ns	0,2730ns	0,4908ns	0,4362ns	0,1216ns	0,9318ns	0,9317ns
BLOCO	5	0,0042*	0,0000**	0,0001**	0,3646ns	0,8205ns	0,9222ns	0,2675ns	0,9930ns	0,1472ns
CV (%)		6,82	8,02	7,11	19,27	18,34	16,35	19,46	10,02	3,39
Média geral:		3,03	17,28	5,89	1,71	4,24	5,94	2,54	2,57	0,72
GL erro	55									
GL Total corrigido	71									

DIAM: diâmetro do colo (mm); ALT: altura (cm); H/D: relação altura/diâmetro; BSR: biomassa seca de raiz (g); BSA: biomassa seca da parte aérea (g); BST: biomassa seca total (g); BSA/BSR: relação biomassa seca aérea/ biomassa seca de raiz; <sup>(1)</sup> dados transformados: Nº RAÍZES: raiz quadrada do número de raízes; % MORT: raiz quadrada de porcentagem de mortalidade de mudas + 0,5; FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade; CV: coeficiente de variação; \*\*significativo a 1% de probabilidade; \*significativo a 5% de probabilidade; ns não significativo a 5% de probabilidade.  
FONTE: o autor (2017).

É possível identificar diferenças significativas para as variáveis que não apresentaram interações entre os fatores (TABELA 3.5). Não foram identificadas interações entre nenhum dos três fatores ao analisar as variáveis diâmetro do colo (DIAM), relação biomassa seca aérea/ biomassa seca de raízes (BSA/BSR), número de raízes (Nº RAÍZES) e percentual de mortalidade (% MORT). Ao analisar as

variáveis altura (ALT), relação altura/diâmetro (H/D) e biomassa seca aérea (BSA) não foram identificadas interações com o fator Aberturas Laterais.

TABELA 3.5 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS PARA AS VARIÁVEIS SEM INTERAÇÃO SIGNIFICATIVA ENTRE OS FATORES ANALISADOS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Pinus maximinoi* AOS 230 DIAS EM TELÊMACO BORBA-PR.

		DIAM (mm)		BSA/BSR		Nº RAÍZES		% MORT	
Propagação	Miniestaca	3,55	a	3,15	a	3,52	b	2,70%	a
	Semente	2,50	b	1,93	b	10,82	a	0,39%	b
Recipiente	55 cm³	2,93	b	2,54	a	7,33	a	3,01%	a
	95 cm³	3,05	ab	2,54	a	7,43	a	0,69%	a
	115 cm³	3,11	a	2,53	a	6,75	a	0,93%	a
Aberturas laterais	Com	2,95	b	2,84	a	6,99	a	1,85%	a
	Sem	3,10	a	2,24	b	7,35	a	1,23%	a

		ALT (cm)		H/D		BSA (g)	
Aberturas laterais	Com	16,66	b	5,82	a	4,20	a
	Sem	17,90	a	5,96	a	4,28	a

DIAM: diâmetro do colo (mm); BSA/BSR: relação biomassa seca aérea/ biomassa seca de raiz; Nº RAÍZES: número de raízes; % MORT: porcentagem de mortalidade de mudas; ALT: altura (cm); H/D: relação altura/diâmetro; BSA: biomassa seca da parte aérea (g). Médias seguidas de mesma letra na vertical indicam que os tratamentos são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

FONTE: o autor (2017).

Os fatores Método de Propagação e Tipo de Recipiente apresentaram interação significativa ao analisar as variáveis altura (ALT), relação altura/ diâmetro (H/D), biomassa seca de raiz (BSR), biomassa seca aérea (BSA) e biomassa seca total (BST) (TABELA 3.6).

TABELA 3.6 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS PARA AS VARIÁVEIS QUE APRESENTARAM INTERAÇÃO SIGNIFICATIVA ENTRE OS FATORES TIPO DE RECIPIENTE E MÉTODO DE PROPAGAÇÃO, NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Pinus maximinoi* AOS 230 DIAS EM TELÊMACO BORBA-PR.

Recipiente \ Propagação	ALT (cm)				H/D			
	Miniestaca		Semente		Miniestaca		Semente	
Tubete 55 cm <sup>3</sup>	16,68	B a	14,67	B b	4,87	B b	6,23	A a
Tubete 95 cm <sup>3</sup>	17,90	B a	16,37	A b	5,18	B b	6,49	A a
Tubete 115 cm <sup>3</sup>	21,43	A a	16,61	A b	5,96	A b	6,63	A a

Recipiente \ Propagação	BSR (g)				BSA (g)			
	Miniestaca		Semente		Miniestaca		Semente	
Tubete 55 cm <sup>3</sup>	1,75	B a	1,48	A a	4,97	B a	2,87	A b
Tubete 95 cm <sup>3</sup>	1,51	B a	1,64	A a	4,80	B a	3,02	A b
Tubete 115 cm <sup>3</sup>	2,24	A a	1,62	A b	6,70	A a	3,05	A b

Recipiente \ Propagação	BST (g)			
	Miniestaca		Semente	
Tubete 55 cm <sup>3</sup>	6,71	B a	4,36	A b
Tubete 95 cm <sup>3</sup>	6,31	B a	4,66	A b
Tubete 115 cm <sup>3</sup>	8,95	A a	4,67	A b

ALT: altura (cm); H/D: relação altura/diâmetro; BSR: biomassa seca de raiz (g); BSA: biomassa seca da parte aérea (g); BST: biomassa seca total (g). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na vertical são estatisticamente iguais e médias seguidas de mesma letra minúscula na horizontal são estatisticamente iguais, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

FONTE: o autor (2017).

O fator Tipo de Recipiente também apresentou interação significativa com o fator Aberturas Laterais para as variáveis BSR e BST (TABELA 3.7).

TABELA 3.7 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS PARA AS VARIÁVEIS QUE APRESENTARAM INTERAÇÃO SIGNIFICATIVA ENTRE OS FATORES TIPO DE RECIPIENTE E ABERTURA LATERAL, NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Pinus maximinoi* AOS 230 DIAS EM TELÊMACO BORBA-PR.

Recipiente \ Abertura lateral	BSR (g)		BST (g)	
	Sem abertura	Com abertura	Sem abertura	Com abertura
Tubete 55 cm <sup>3</sup>	1,92 A a	1,31 B b	6,08 B a	4,99 B b
Tubete 95 cm <sup>3</sup>	1,60 B a	1,55 AB a	5,30 B a	5,67 AB a
Tubete 115 cm <sup>3</sup>	2,23 A a	1,63 A b	7,19 A a	6,43 A a

BSR: biomassa seca de raiz (g); BST: biomassa seca total (g). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na vertical são estatisticamente iguais e médias seguidas de mesma letra minúscula na horizontal são estatisticamente iguais, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

FONTE: o autor (2017).

### 3.3.1 Método de Propagação

A variável DIAM apresentou diferenças significativas entre os métodos de propagação, sendo que as mudas propagadas via enraizamento de miniestacas apresentaram maiores diâmetros de colo (3,55 mm) enquanto as propagadas via sementes apresentaram 2,50 mm (TABELA 3.5). As mudas produzidas por enraizamento de miniestacas também apresentaram valores estatisticamente superiores em ALT, BSA e BST, comparativamente às mudas produzidas via sementes (TABELA 3.6). Resultados semelhantes foram relatados por Bordin et al., (2005, p. 533) em *Malpighia emarginata* D.C., sendo que mudas produzidas por enraizamento de estacas apresentaram maiores valores de diâmetro do colo, altura e biomassa da parte aérea.

Para BSR somente houve diferenças nos tratamentos com recipientes de 115 cm<sup>3</sup>, com superioridade das mudas propagadas por enraizamento de miniestacas (TABELA 3.6). Jesus et al. (2006, p. 19) trabalhando com *Coffea arabica* L., em recipientes plásticos de 10 cm x 20 cm, também verificaram que mudas produzidas por estaquia apresentam maior biomassa seca de raízes comparativamente à mudas produzidas via sementes.

Observou-se que estas diferenças devem estar relacionadas ao fato das mudas produzidas via miniestacas terem iniciado o processo de crescimento a partir de miniestacas com aproximadamente 2,0 mm de diâmetro e 4,5 cm de altura (7,0 cm de miniestaca, sendo 2,5 cm inseridos no substrato). Embora as miniestacas tivessem que desenvolver raízes para seu crescimento, as mudas produzidas via germinação de sementes não se desenvolveram tão rapidamente quando comparadas às mudas de miniestaquia, provavelmente devido a quantidade inicial de reservas das miniestacas.

Considerando a variável BSA/BSR, a relação mais equilibrada foi obtida pelo método de propagação via sementes (1,93) enquanto a propagação via enraizamento de miniestacas apresentou relação de 3,15, estatisticamente diferente da primeira (TABELA 3.5).

O número médio de raízes desenvolvidas a partir do eixo principal da muda foi estatisticamente superior nas mudas produzidas via sementes (10,82), enquanto mudas propagadas via enraizamento de miniestacas apresentaram 3,52 raízes principais em média (TABELA 3.5).

Embora tenham sido verificadas tais diferenças entre os métodos de propagação, faz-se necessário avaliar também o seu efeito no desenvolvimento das árvores em campo. Cumbie et al. (2011, p. 1152) não identificaram diferenças de crescimento de *Pinus taeda* L. aos 10 anos quando compararam a utilização de mudas produzidas via propagação vegetativa e via germinação de sementes. Nesta mesma linha, Mora et al. (2005, p. 207) encontraram resultados similares em *Pinus radiata* D. Don aos sete anos, assim como LU et al. (2012, p. 1404) avaliando *Pinus banksiana* Lamb. aos oito anos.

A relação H/D foi mais favorável para nas mudas produzidas via enraizamento de miniestacas, apresentando valores menores que as mudas produzidas via sementes (TABELA 3.6). Bayley e Kietzka (1996, p. 348) verificaram que mudas de *Pinus patula* Schiede e Deppe com menores relações H/D apresentam maior sobrevivência em campo.

O percentual de mortalidade ao final do experimento foi maior nas mudas propagadas via enraizamento de miniestacas (2,70%), estatisticamente superior às mudas propagadas via sementes (0,39%). A maior mortalidade das mudas produzidas via enraizamento de miniestacas deve ter ocorrido pela má formação de raízes em parte das mudas propagadas por este método, que após a saída da casa de sombra não resistiram o ambiente externo à pleno sol (TABELA 3.5).

### 3.3.2 Tipo de Recipiente

A variável diâmetro do colo (DIAM) não apresentou interação entre os fatores, sendo que independentemente do método de propagação e das aberturas laterais, os melhores resultados foram observados nos recipientes maiores de 115 cm<sup>3</sup> (3,11 mm) e 95 cm<sup>3</sup> (3,05 mm) sendo estatisticamente iguais, enquanto o recipiente de 55 cm<sup>3</sup> apresentou o menor diâmetro (2,93 mm), porém estatisticamente igual ao recipiente 95 cm<sup>3</sup> (TABELA 3.5).

Analisando as variáveis BSA/BSR, N° RAÍZES e % MORT, não foram identificadas interações entre os três fatores avaliados, nem foram observadas diferenças significativas entre os tipos de recipientes (TABELA 2.5).

Observando em conjunto os resultados do fator tipo de recipientes (TABELAS 3.5, 3.6, 3.7), percebe-se que as variáveis de crescimento DIAM e ALT são impactadas positivamente com o aumento do volume dos recipientes para os dois métodos de propagação. Entretanto, as variáveis de biomassa seca (BSR, BSA, BST)

foram influenciadas pelo volume dos recipientes somente nas mudas de enraizamento de miniestacas.

Para as mudas produzidas via enraizamento de miniestacas, analisando as variáveis ALT, H/D, BSR, BSA e BST, o uso de recipientes de 115 cm<sup>3</sup> apresentou valores estatisticamente superiores para estas variáveis, quando comparado com os recipientes menores de 95 cm<sup>3</sup> e 55 cm<sup>3</sup> (TABELA 3.6).

Considerando a variável ALT dentro do fator propagação via sementes, os recipientes 95 cm<sup>3</sup> e 115 cm<sup>3</sup> apresentaram desempenho estatisticamente igual, resultando em mudas mais altas (16,37 cm e 16,61 cm, respectivamente), enquanto o tratamento 55 cm<sup>3</sup> produziu mudas mais baixas (14,67 cm), estatisticamente inferior dos outros tamanhos de recipientes. Ainda, dentro do fator propagação via sementes, os três diferentes tamanhos de recipientes não provocaram diferenças significativas considerando as variáveis H/D, BSR, BSA e BST (TABELA 3.6).

As demais variáveis BSA/BSR, Nº RAÍZES e % MORT não apresentaram interação entre os fatores, nem seus valores diferiram estatisticamente entre os diferentes tamanhos de recipientes.

Donald (1992, p. 29) obteve resultados similares trabalhando com três volumes de recipientes em *Pinus radiata* (36, 66 e 80 cm<sup>3</sup>) apresentando melhores resultados para mudas de sete meses produzidas nos recipientes maiores: 3,03; 3,56 e 3,57 mm de diâmetro do colo, 19,6; 23,2 e 24,8 cm de altura, 0,50; 0,72 e 1,11 g de biomassa de raízes e 1,72; 2,53 e 3,50 g de biomassa total, respectivamente. Por sua vez, Jelic et al. (2014, p. 475) testaram diferentes tamanhos de recipientes para produção de mudas de *Pinus pinea* L. e obtiveram mudas de melhor qualidade utilizando recipientes maiores, refletindo em crescimento superior em campo aos seis anos. Puértolas et al. (2012, p. 212) trabalhando com *Pinus halepensis* Mill. e *Pinus pinea* obtiveram o mesmo padrão de resultados.

Ferraz e Engel (2011, p. 417) também constataram que para *Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang., *Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC. Sandl.) e *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan, o aumento do volume do tubete influenciou positivamente no crescimento das mudas, proporcionando mudas com altura e diâmetro do colo superiores às produzidas em tubetes de volumes menores. Tsakalimi (2013, p. 327) verificou que o diâmetro do colo e biomassa seca total de mudas de *Pinus halepensis* apresentaram correlações positivas com a sobrevivência inicial em campo.

Segundo Dobner Júnior et al. (2013, p. 8) mudas de *Pinus taeda* produzidas em recipientes de 200 cm<sup>3</sup> apresentaram maior crescimento de diâmetro e altura em viveiro comparadas com mudas produzidas em recipientes de 60 cm<sup>3</sup>. Após dois anos de plantio em campo, as mudas maiores refletiram em alturas maiores de plantas; entretanto, aos nove anos não foram mais identificadas diferenças no volume das árvores ao avaliar os dois tratamentos aplicados.

Considerando as raízes, Mitchell et al. (2005, p. 15, 21) testaram recipientes com diferentes volumes em *Pinus patula*, verificando que o tratamento com 125 cm<sup>3</sup> de volume obteve maior biomassa de raízes e apresentou 27% de diferença em volume de madeira no campo aos sete anos, quando comparado ao recipiente de 80 cm<sup>3</sup>. Neste mesmo aspecto, Rose et al. (1991, p. 195, 204) verificaram em *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, que mudas com maior volume de raízes apresentaram desenvolvimento superior dois anos após o plantio em campo.

Desta forma, os melhores resultados em viveiro obtidos com o uso de recipientes com maiores volumes devem estar relacionados as melhores condições para o crescimento das mudas, uma vez que apresentam maior quantidade de substrato e maior capacidade de retenção de água e nutrientes aplicados.

### 3.3.3 Aberturas Laterais

O fator aberturas laterais dos recipientes não refletiu em diferenças significativas nas variáveis N° RAÍZES, % MORT, relação H/D e BSA (Tabela 2.5).

A presença de aberturas laterais refletiu em menores valores de diâmetro do colo (DIAM) das mudas (2,95 mm), estatisticamente inferior aos recipientes sem as aberturas laterais (3,10 mm). O mesmo ocorreu com a variável altura, com média de 16,66 cm para as mudas produzidas em recipientes com abertura e 17,90 nos recipientes sem aberturas laterais, sendo estatisticamente diferentes entre si (TABELA 3.5). Visto que todos os tratamentos receberam o mesmo manejo em viveiro, tal diferença em crescimento das mudas pode estar relacionada a diferentes níveis de disponibilidade de água entre os tratamentos com ausência e presença de aberturas laterais, uma vez que aberturas laterais promovem maior aeração, diminuindo mais rapidamente a quantidade de água disponível no substrato, assim como maior lixiviação de nutrientes. Lamhamedi et al. (2001, p. 1972) também observaram este efeito em mudas de *Picea glauca* (Moench) Voss produzidas em recipientes com aberturas laterais ao variar a quantidade de água aplicada.



A relação BSA/BSR foi mais equilibrada nas mudas produzidas em recipientes sem aberturas laterais (2,24), sendo estatisticamente diferente do índice obtido no tratamento com aberturas laterais (2,84) (TABELA 3.5).

O fator abertura lateral apresentou interação significativa com o tipo de recipiente. Para o recipiente com volume de 55 cm<sup>3</sup> a ausência de aberturas laterais propiciou valores significativamente maiores de BSR e BST. Para o volume intermediário de 95 cm<sup>3</sup> não houve diferenças entre ausência ou presença de aberturas laterais ao considerar as variáveis BSR e BST. No caso dos recipientes de 115 cm<sup>3</sup>, os maiores valores de BSR foram obtidos sem a utilização de aberturas laterais (2,23 g), enquanto a presença de aberturas laterais produziram 1,63 g de matéria seca, estatisticamente inferior. Ainda considerando os recipientes de 115 cm<sup>3</sup>, não houve diferença significativa na ausência ou presença de aberturas laterais ao analisar a variável MST (TABELA 3.7).

Ortega et al. (2006, p. 101), avaliando produção de mudas de *Pinus radiata*, observaram resultados semelhantes, obtendo menor crescimento e menor produção de biomassa aérea e de raízes ao utilizar recipientes com aberturas laterais, comparativamente a recipientes sem aberturas laterais.

O fator presença de aberturas laterais apresentou o mesmo padrão de resultados em relação às variáveis BSR e BST, sendo que quanto maiores os recipientes, maiores os valores de biomassa seca obtidos, sendo estatisticamente distintos entre 55 cm<sup>3</sup> e 115 cm<sup>3</sup> (TABELA 3.7).

O fator ausência de aberturas laterais apresentou resultados complexos para as variáveis BSR e BST, sendo que os maiores valores foram encontrados para os recipientes maiores (115 cm<sup>3</sup>), seguidos pelos recipientes menores (55 cm<sup>3</sup>), sendo que os menores valores foram obtidos nos recipientes de volume intermediário (95 cm<sup>3</sup>) (TABELA 3.7).

Embora os recipientes sem aberturas laterais em geral apresentaram os melhores resultados para as variáveis analisadas, faz-se necessário a avaliação do efeito deste fator no crescimento das árvores em campo, uma vez que estudos demonstraram que a utilização de recipientes com aberturas laterais promoveram poda aérea de raízes, gerando melhor morfologia de raízes nas mudas (SUNG; HAYWOOD, 2016, p. 321) e após o transplante em campo (MARLER; MUSSER, 2016, p. 23).

### 3.4 CONCLUSÕES

Recipientes maiores influenciam positivamente no crescimento de mudas de *Pinus maximinoi*, apresentando maior influência em mudas produzidas via miniestaquia.

Para produção de mudas de *Pinus maximinoi* via germinação de sementes ou miniestaquia sugere-se a utilização de recipientes de 115 cm<sup>3</sup> sem aberturas laterais.

Recomenda-se avaliar o efeito dos tratamentos no crescimento das árvores de *Pinus maximinoi* após plantio em campo.

### 3.5 REFERÊNCIAS

- BAYLEY, A. D.; KIETZKA, J. W. Stock quality and field performance of *Pinus patula* seedlings produced under two nursery growing regimes during seven different nursery production periods. **New Forests**, v. 13, p. 337–352, nov. 1996.
- BORDIN, I.; NEVES, C. S. V. J.; AZEVEDO, M. C. B.; VIDAL, L. H. I. Desenvolvimento de mudas de aceroleira propagadas por estacas e sementes em solo compactado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 530-536, mai/jun. 2005.
- CUMBIE, P. W.; ISIK, F.; LI, B.; GOLDFARB, B. Effects of propagule type on genetic parameters of wood density and growth in a loblolly pine progeny test at ages 10 and 11 years. **Tree Genetics & Genomes**, v. 7, p. 1147–1158, jul. 2011.
- DOBNER JÚNIOR, M. D.; TRAZZI, P. A.; HIGA, A. R. SEITZ, R. A. Influência do volume do tubere e do método de plantio no crescimento de um povoamento de *Pinus taeda* aos nove anos de idade. **Scientia Florestalis**, v. 41, n. 97, p. 7-14, mar. 2013.
- DONALD, D. G. M. The effect of tray volume and spacing on the growth and development of *Pinus radiata* Seedlings. **South African Forestry Journal**, África do Sul, n. 162, p. 27-32, set. 1992
- DVORAK, W.S; GUTIÉRREZ, E.A.; GAPARE, W.J.; HODGE, G.R.; OSORIO, L.F.; BESTER,C.; KIKUTI, P. *Pinus maximinoi*. In: **Conservation & testing of tropical & subtropical forest tree species**. CAMCORE Cooperative, College of Natural Resources, NCSU. Raleigh, p. 107-127, 2000.
- FERRAZ, A. V.; ENGEL, V.L. Efeito do tamanho de tubetes na qualidade de mudas de Jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang.), Ipê-amarelo (*Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Sandl.) e Guarucaia (*Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 413-423, abr. 2011.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência Agrotecnologia**. Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, mar/abr. 2014.
- HIGA, R. C. V. **Zoneamento Climático: *Pinus taeda* no Sul do Brasil**. Documentos **175**. Colombo: Embrapa Florestas, p. 1-17, 2008.
- INDUSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório IBÁ 2016**. Brasil, 2016.
- IWAKIRI, S.; MANHIÇA, A. A.; RAMIREZ, M. G. L.; MATOS, J. L. M.; BONDUELLE, G. M.; PRATA, J. G. Avaliação da qualidade de painéis compensados de *Pinus maximinoi*, *Pinus oocarpa* e *Pinus tecunumannii* com diferentes composições estruturais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 2, p. 315-321, abr/jun. 2012.
- JELIĆ, G.; TOPIĆ, V.; BUTORAC, L.; ĐURĐEVIĆ, Z.; JAZBEC, A.; ORŠANIĆ, M. Container size and soil preparation effects on afforestation success of one year old stone pine (*Pinus pinea* L.) seedlings in croatian mediterranean area. 2014. **Sumarski List**, v. 138, n. 9-10, p. 463-475, 2014.
- JESUS, A. M. S.; CARVALHO, S. P.; SOARES, A. M. Comparação entre sistemas radiculares de mudas de *Coffea arabica* L. obtidas por estaquia e por sementes. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 14-20, abr/jun. 2006.

KLABIN. Dados históricos da estação meteorológica da KLABIN, Lagoa, Telêmaco Borba-PR, 2017.

KLOCK, U.; ANDRADE, A. S.; BITTENCOURT, E.; MOCELIN, E. Z.; CREPALDI, C. Propriedades do papel kraft a partir da madeira juvenil de *Pinus maximinoi* H.E. Moore e *Pinus taeda* L. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 1, p. 33-43, jan/abr. 2004.

LAMHAMED, M.; GIL, L.; HANK, M.; MARIO, R.; LINDA, V.; BERNIER, P. Y. Growth, physiology, and leachate losses in *Picea glauca* seedlings (1 0) grown in air-slit containers under different irrigation regimes. **Canadian Journal of Forest Research**. Canada, v. 31, p. 1968-1980, out. 2001.

LU, P.; BELL, W.; CHARRETTE, P.; THOMPSON, M. Performance of jack pine (*Pinus banksiana*) rooted cuttings from proliferated dwarf shoots versus seedlings 8 years after planting. **Canadian Journal of Forest Research**. Canada, v. 42, n. 7, p. 1404-1409, jun. 2012.

MARLER, T.; MUSSER, C. Chemical and air pruning of roots influence post-transplant root traits of the critically endangered *Serianthes nelsonii*. **Plant Root**. USA, v. 10, p. 21-25, jan. 2016.

MITCHELL, R. G.; ZWOLINSKI J.; JONES N. B.; BAYLEY, A. D. Root volume and raising period affect field performance of *Pinus patula* cuttings in South Africa. **Southern African Forestry Journal**. África do Sul, n. 204, p. 15-21, jul. 2005.

MORA, F.; DEITOS, A.; ARNHOLD, E.; DANDOLINI, T. S. Análise do crescimento de árvores de sete anos de idade, originadas de estacas e sementes de *Pinus radiata* D. Don, provenientes de geração avançada de melhoramento. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 207-213, dez. 2005.

ORTEGA, U.; MAJADA, J.; MENA-PETITE, A.; SANCHEZ-ZABALA, J.; RODRIGUEZ-ITURRIZAR, N.; TXARTERINA, K.; AZPITARTE, J.; ABEITIA, M. D. Field performance of *Pinus radiata* D. Don produced in nursery with different types of containers. **New Forests**. v. 31, p. 97-112, dez. 2006.

PUÉRTOLAS J.; JACOBS, D. F.; BENITO, L. F.; PENUELASA, J. L. Cost-benefit analysis of different container capacities and fertilization regimes in *Pinus* stock-type production for forest restoration in dry Mediterranean areas. **Ecological Engineering**. v. 44, p. 210-215, mai. 2012

ROSE, R.; ATKINSON, M.; GLEASON, J.; SABIN, T. Root volume as a grading criterion to improve field performance of Douglas-fir seedling. **New Forests**. Holanda, v. 5, p. 195-209, jul. 1991.

SUNG, S. J. S.; HAYWOOD, J. D. Air lateral root pruning affects longleaf pine seedling root system morphology. In: Proceedings of the 18th biennial southern silvicultural research conference. 2016, Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station, 2016. p. 317-322.

TSAKALDIMI, M. Prediction of planted seedling survival of five Mediterranean species based on initial seedling morphology. **New Forests**, Holanda, v. 44, n. 3, p. 327-339, mai. 2013.

## CAPÍTULO 4

### INFLUÊNCIA DO MÉTODO DE PROPAGAÇÃO E TIPOS DE RECIPIENTES NO CRESCIMENTO INICIAL DE *Pinus maximinoi* H. E. Moore EM CAMPO

#### RESUMO

A espécie *Pinus maximinoi* H. E. Moore é relativamente nova no cenário de plantios florestais comerciais no Brasil, apresentando crescimento volumétrico superior ao *Pinus taeda* L. no Norte do Paraná. A avaliação do uso de plantas obtidas por propagação vegetativa no crescimento das árvores em campo é necessária uma vez que a quantidade de sementes melhoradas disponível é limitada. Outro aspecto importante é definição do tipo de recipiente mais adequado para a produção de mudas de qualidade que apresentem bom desenvolvimento em campo. O presente estudo objetivou avaliar os efeitos em campo do uso de mudas produzidas em diferentes recipientes, propagadas via sementes e via miniestaquia. Para tanto, um experimento fatorial foi instalado em campo com três fatores: (1) Método de Propagação (via sementes e via miniestaquia), (2) Tipo de Recipientes (tubetes de polipropileno de 55 cm<sup>3</sup>, 95 cm<sup>3</sup>, 115 cm<sup>3</sup> e *Paperpot* de 55 cm<sup>3</sup>) e (3) Aberturas Laterais (ausência e presença de aberturas laterais nos recipientes). Avaliações de sobrevivência e crescimento foram realizadas em campo ao 1º e 34º meses após o plantio e avaliações de morfologia de raízes foram realizadas ao 35º mês. O tipo e volume dos recipientes influenciaram a sobrevivência inicial e o crescimento até os 34 meses de plantio em campo, sendo que os melhores resultados foram obtidos com o uso dos tubetes recipientes maiores e *Paperpot*. A propagação de *Pinus maximinoi* por miniestaquia mostrou-se viável, apresentando mesmo crescimento volumétrico aos 34 meses que mudas propagadas via sementes, entretanto é necessário a utilização de tubetes com aberturas laterais ou recipiente *Paperpot*.

Palavras-chave: *Pinus tropical*. Qualidade de mudas. Propagação vegetativa e seminal.

## INFLUENCE OF PROPAGATION METHOD AND TYPES OF CONTAINERS IN THE INITIAL GROWTH OF *Pinus maximinoi* H. E. Moore IN THE FIELD

### ABSTRACT

The *Pinus maximinoi* H. E. Moore species is relatively new in Brazilian commercial forest plantations scenario, presenting higher volumetric growth than *Pinus taeda* L. in North of Paraná. The evaluation of growth in field of plants obtained by vegetative propagation is necessary once the amount of improved seeds is limited. Another important aspect is the definition of the most suitable type of container for the production of quality seedlings for good field development. The present study aimed to evaluate the effects in the field of the use of plantlets produced in different containers, propagated by seeds and by cuttings. For this, a factorial experiment was installed in the field with three factors: (1) Propagation method (seedlings and cuttings), (2) Container type (polypropylene tubes of 55 cm<sup>3</sup>, 95 cm<sup>3</sup>, 115 cm<sup>3</sup> and Paperpot with 55 cm<sup>3</sup>) and (3) Side cuts (absence and presence of side cuts in the containers). Survival and growth evaluations were performed in the field at the 1st and 34th months after planting and root morphology evaluations were performed at 35th month. The container type and volume influenced in the initial survival and the growth until 34th month after field planting, and the best results were obtained with the use of the larger polypropylene tubes and Paperpot. The propagation of *Pinus maximinoi* by cuttings proved to be viable resulting the same volumetric growth after 34 months as by seedlings, however, it is necessary the use of containers with side cuts or the Paperpot container.

Key words: Tropical pine. Seedlings quality. Seedlings and cuttings.

## 4.1 INTRODUÇÃO

O estabelecimento de povoamentos florestais para fins de produção de madeira baseia-se em sua maioria no plantio de mudas em campo, produzidas previamente em viveiros de produção de mudas. A utilização de mudas de qualidade morfológica, fisiológica e genética é um fator determinante no sucesso do povoamento estabelecido.

A qualidade das mudas pode ser determinada a partir de parâmetros morfológicos, tais como diâmetro do colo, altura, padrão de formação de raízes, massa seca da parte aérea, massa seca de raízes e rusticidade da parte aérea, apresentando influências na sobrevivência e crescimento inicial das árvores (CARNEIRO, 1977, p. 66, 67; ROSE et al., 1991, p. 208; MITCHELL et al., 2005, p. 21; ORTEGA et al., 2006, p. 110).

A definição do tipo e volume do recipiente a ser utilizado na produção de mudas florestais é importante, pois podem alterar a qualidade das mudas e influenciar a sobrevivência e o crescimento das árvores em campo (HANNERZ; WILHELMSSON, 1998, p. 376; ROSE et al., 1991, p. 206; MITCHELL et al., 2005, p. 21; ORTEGA et al., 2006, p. 110; PUÉRTOLAS et al., 2012, p. 212).

As mudas de espécies florestais geralmente são produzidas a partir da germinação de sementes ou por propagação vegetativa. A propagação vegetativa por miniestaquia é bastante difundida e utilizada na silvicultura de *Eucalyptus* spp. para propagação em larga escala de clones selecionados, transferindo para os plantios operacionais os ganhos genéticos obtidos nos programas de melhoramento genético (ALFENAS et al., 2009, p. 51, 61; FONSECA et al., 2010, p. 43).

Para o gênero *Pinus* spp. a técnica de clonagem individual vem sendo muito pouco utilizada, uma vez que não é possível obter propágulos juvenis de uma árvore adulta selecionada, para iniciar o processo de propagação vegetativa por miniestaquia (HAMANN, 1998, p. 178; ASSIS; RESENDE, 2011, p. 46; RASMUSSEN; HUNT, 2010, p. 41). Entretanto é possível realizar o enraizamento de propágulos provenientes de mudas jovens de pinus, apresentando diferentes níveis de sucesso dependendo da espécie (GREENWOOD; WEIR, 1994, p. 43; HAMANN, 1998, p. 178; GREENWOOD; CUI; XU, 2001, p. 373; MORA et al., 2005, p. 207; TRUEMAN, 2006, p. 49; ALCANTARA et al., 2007, p. 403; ALCANTARA et al., 2008, p. 155; ANDREJOW; HIGA, 2009, p. 901; MAJADA et al., 2011, p. 399; MORI et al., 2011, p. 271). Esta

técnica vem sendo utilizada para *Pinus radiata* D. Don, em que mudas são propagadas por meio de enraizamento de estacas provenientes de jardins clonais instalados a partir de progênies de polinização controlada com alta performance de crescimento em campo (MORA et al., 2005, p. 207).

Para *Pinus maximinoi* trabalhos demonstram a possibilidade da realização de propagação vegetativa de progênies juvenis via miniestaquia (DVORAK et al., 2000, p. 108; JIMENEZ, 2004, p. 61), havendo necessidade de avaliação do efeito do método de propagação no desenvolvimento das árvores em campo, assim como definição dos tipos de recipientes mais adequados a serem utilizados.

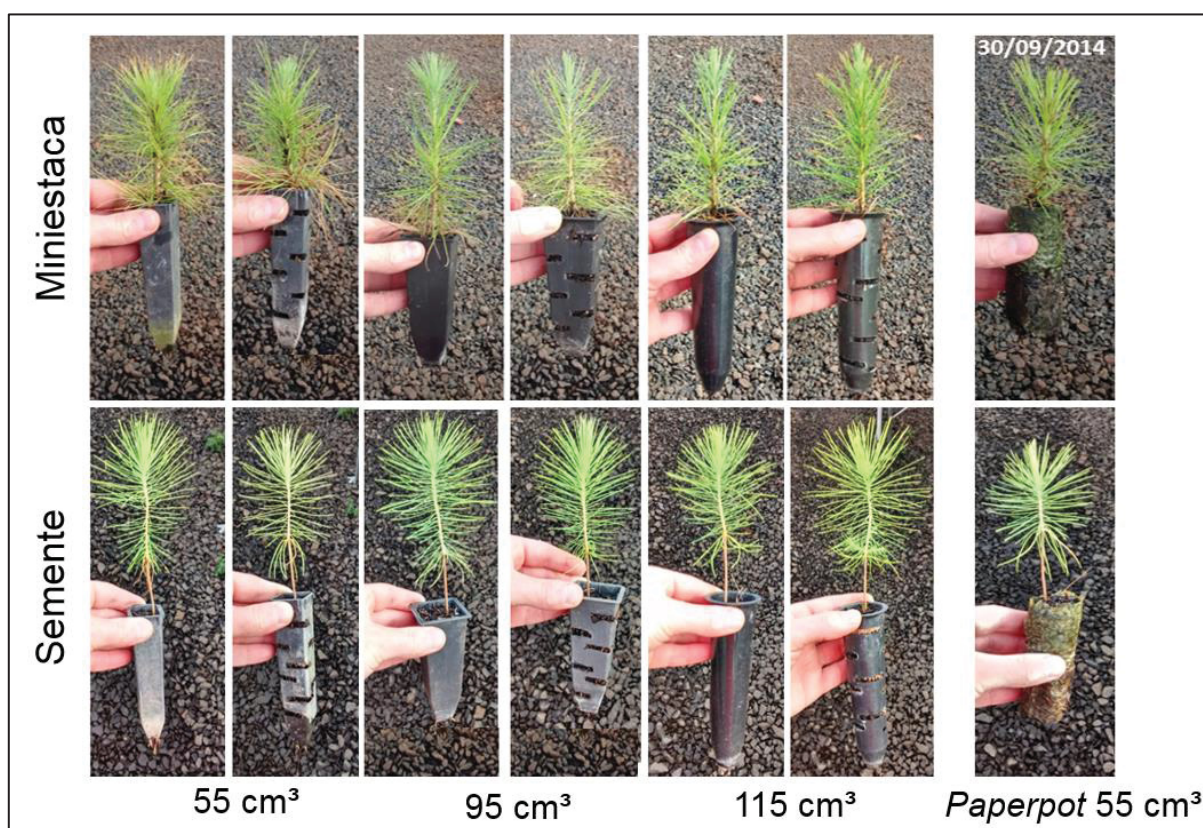
O presente estudo objetivou avaliar os efeitos na sobrevivência e no crescimento inicial até 34 meses de árvores de *Pinus maximinoi* implantadas em campo, a partir de mudas propagadas via sementes e miniestaquia, em diferentes tipos e volumes de recipientes.



## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram testados os efeitos no crescimento inicial de árvores de *Pinus maximinoi* plantadas a partir de mudas produzidas em diferentes recipientes, propagadas via sementes e miniestaquia. Instalou-se um experimento fatorial em campo com três fatores: (1) Método de Propagação via sementes e via enraizamento de miniestacas; (2) Tipo de Recipientes, utilizando tubetes plásticos de 55 cm<sup>3</sup>, 95 cm<sup>3</sup> e 115 cm<sup>3</sup>; e (3) Ausência ou Presença de Aberturas Laterais nos recipientes, para a poda aérea de raízes. Também se testaram mudas produzidas via sementes e miniestaquia, em recipiente biodegradável do tipo *Paperpot* de 55 cm<sup>3</sup> (FIGURA 4.1).

FIGURA 4.1 – FOTOS DOS TRATAMENTOS UTILIZADOS NA INSTALAÇÃO DE TESTE DE *Pinus maximinoi* EM CAMPO, EM TELÊMACO BORBA-PR.



FONTE: o autor (2017).

A produção das mudas via sementes e miniestacas foi realizada utilizando-se, para todos os tratamentos o mesmo material genético, substrato e manejo no viveiro. A TABELA 4.1 sumariza os tratamentos utilizados, juntamente com as informações do tamanho das mudas após 230 dias de produção em viveiro.

TABELA 4.1 - RELAÇÃO DE TRATAMENTOS UTILIZADOS NA INSTALAÇÃO DE TESTE DE *Pinus maximinoi* EM CAMPO EM TELÊMACO BORBA-PR E VALORES MÉDIOS DE DIÂMETRO DO COLO (mm) E ALTURA (cm) DAS MUDAS AOS 230 DIAS DE PRODUÇÃO EM VIVEIRO.

Método de Propagação	Tipo de Recipiente	Aberturas Laterais	Diâmetro do colo (mm)	Altura (cm)
Miniestaquia	Tubete 55 cm <sup>3</sup>	Ausência	3,7	17,8
		Presença	3,3	15,6
	Tubete 95 cm <sup>3</sup>	Ausência	3,6	18,5
		Presença	3,4	17,3
	Tubete 115 cm <sup>3</sup>	Ausência	3,7	22,4
		Presença	3,6	20,5
	<i>Paperpot</i> 55 cm <sup>3</sup>		3,3	12,9
Sementes	Tubete 55 cm <sup>3</sup>	Ausência	2,5	15,3
		Presença	2,3	14,1
	Tubete 95 cm <sup>3</sup>	Ausência	2,6	16,6
		Presença	2,5	16,2
	Tubete 115 cm <sup>3</sup>	Ausência	2,6	16,9
		Presença	2,5	16,3
	<i>Paperpot</i> 55 cm <sup>3</sup>		2,1	11,5
Média geral			3,0	16,6

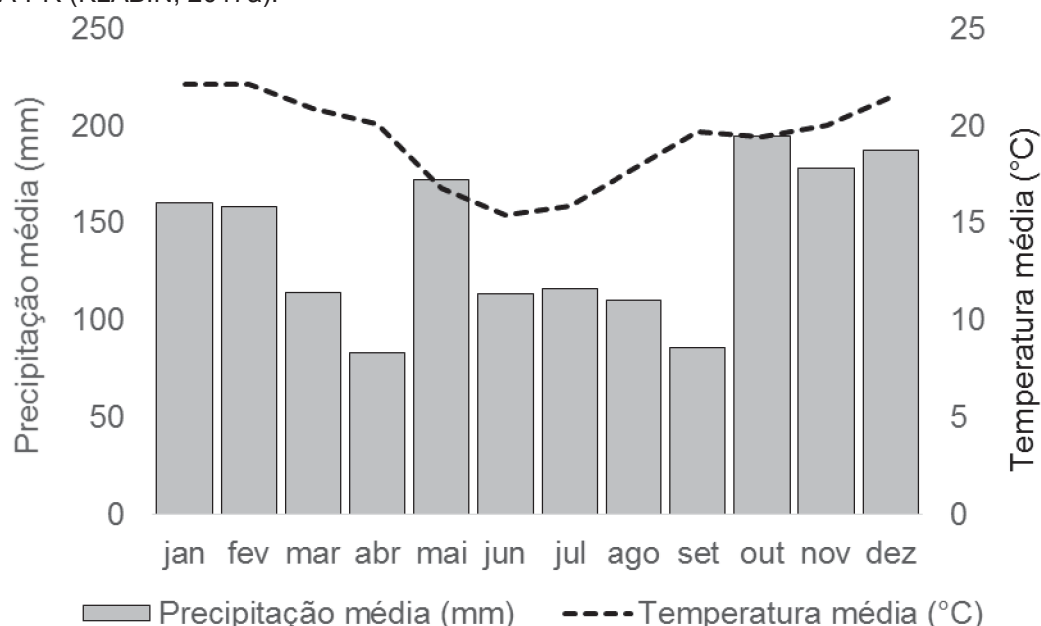
FONTE: o autor (2017).

O experimento foi implantado em 14 de janeiro de 2015 (mudas com 250 dias de viveiro) na Fazenda Monte Alegre, Região Florestal Recanto, de propriedade da Klabin S. A. em Telêmaco Borba-PR (Latitude 24°6'6,796"S Longitude 50°36'51,556"O).

O solo da área experimental está classificado como LVd1- LATOSSOLO VERMELHO- Distrófico, típico A moderado ou A proeminente, floresta, relevo suave ondulado, textura argilosa e muito argilosa (KLABIN, 2017a).

O local está a 763 metros de altitude e com clima Cfa segundo classificação climática de Köppen. As informações de precipitação média mensal e temperatura média mensal durante os três anos de condução do experimento podem ser verificadas na FIGURA 4.2.

FIGURA 4.2: PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL (mm) E TEMPERATURA MÉDIA MENSAL (°C) DURANTE O PERÍODO DE DESENVOLVIMENTO DO EXPERIMENTO DE *Pinus maximinoi* EM CAMPO (2015, 2016 E 2017). DADOS DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE LAGOA, TELÊMACO BORBA-PR (KLABIN, 2017a).



Médias (2015, 2016 e 2017) de 1672 mm de precipitação anual e 19,3°C de temperatura média mensal. FONTE: KLABIN (2017b).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com os 14 tratamentos (TABELA 4.1), parcelas quadradas de 36 plantas e quatro repetições (blocos). Para as análises destrutivas de avaliação de raízes foi implantado no mesmo local um segundo experimento com os mesmos tratamentos em blocos ao acaso, uma planta por parcela e 10 repetições. Ambos os experimentos foram implantados e manejados de forma idêntica.

A área experimental foi previamente preparada com a aplicação de herbicida pós-emergente em área total e subsolagem de 50 cm de profundidade com trator de esteira com linhas de três metros de distância. O espaçamento de plantio foi de 3,0 m x 2,2 m entre plantas.

As raízes das mudas de todos os tratamentos foram imersas em solução de MAP 1% (Fosfato Monoamônico 10% N, 21% P) no dia do plantio. Após 26 dias do plantio todos os tratamentos do experimento foram adubados com adubação granulada NPK 04-42-06, sendo que cada muda recebeu 110 gramas de adubo divididos em duas covas laterais distantes 10 cm das mudas e com 15 cm de profundidade.

A área experimental passou por monitoramentos periódicos ao longo dos meses do estudo, sendo realizados controles de formigas cortadeiras com aplicação

de iscas formicidas e controle de mato-competição com aplicação de herbicida pós-emergente.

Ao completar 30 dias realizou-se o levantamento de sobrevivência das mudas do experimento, sendo efetuado o replantio das mudas mortas, de acordo com cada um dos 14 tratamentos.

A mensuração do experimento foi realizada 34 meses após o plantio, coletando dados de sobrevivência, circunferência à altura do peito (CAP) com fita métrica (1,30 m de altura, posteriormente transformada em diâmetro à altura do peito - DAP) e altura total das árvores com hipsômetro digital (TABELA 4.2).

TABELA 4.2: DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS MENSURADAS EM CADA ETAPA DA CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO DE *Pinus maximinoi* IMPLANTADO EM TELÊMACO BORBA-PR.

Etapa	Data	Idade (meses)	Variáveis mensuradas
Plantio	14/01/2015	0	-
Replanteio	16/02/2015	1	Sobrevivência
Mensuração	06/11/2017	34	Sobrevivência, DAP, Altura
Avaliação de raízes	15/12/2017	35	Atribuição de notas para as raízes, massa úmida e massa seca das raízes

FONTE: o autor (2017)

Foram estimados volumes individuais de cada árvore utilizando um fator de forma empírico para todas as árvores. Desta forma,  $V_i = a \times h \times 0,45$ , onde  $V_i$  = volume individual da árvore em  $m^3$ ;  $a$  = área transversal à altura do peito (DAP) em  $m^2$ ;  $h$  = altura total da árvore em metros e 0,45 = fator de forma.

Após 35 meses de plantio em campo foram realizadas as avaliações de raízes dos 14 tratamentos. Para tal amostragem foi utilizado o experimento instalado ao lado do experimento principal, implantado com 10 repetições e uma planta por parcela, especificamente desenhado para as análises destrutivas de raízes. Devido à grande dificuldade de extração das raízes do solo, foi determinada a amostragem das três primeiras repetições do experimento, totalizando a derrubada e extração de raízes de 42 árvores. O objetivo principal desta amostragem foi a avaliação da morfologia de raízes e não a quantificação de biomassa de raízes.



Primeiramente as árvores foram abatidas à 1,0 m de altura, com motosserra e em seguida foi efetuada a limpeza da área, retirando os fustes e galhos cortados. Com o auxílio de uma escavadeira hidráulica, realizou-se a escavação de valas de 80 cm de profundidade, distantes 90 cm do tronco de cada árvore. O excesso de solo foi retirado manualmente com pás e enxadas, até expor a primeira camada de raízes, tomando o cuidado para não as danificar. Em seguida realizou-se a extração do toco e das raízes com o auxílio da escavadeira hidráulica, tomando o cuidado para não as quebrar, mantendo-as unidas. O solo que se manteve agregado às raízes foi extraído manualmente (FIGURA 4.3).

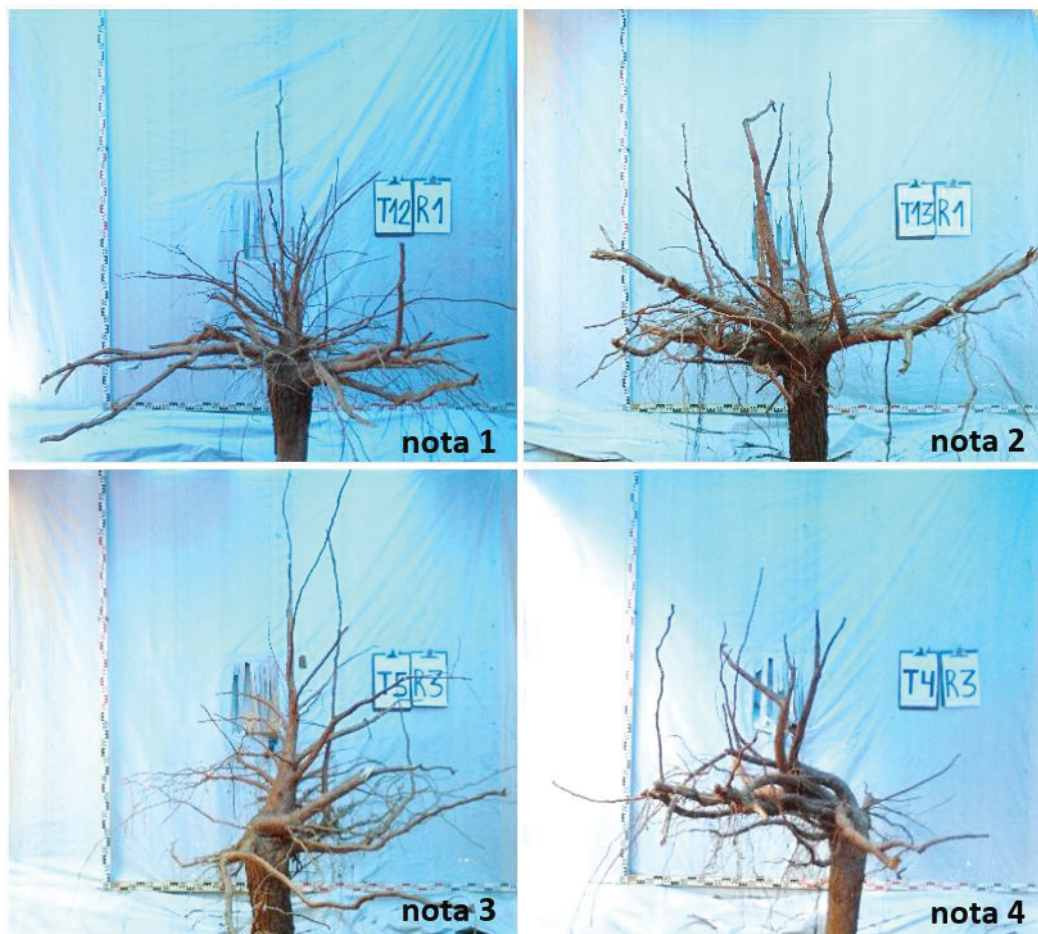
FIGURA 4.3 – FOTOS DO PROCESSO DE EXTRAÇÃO DE RAÍZES DE ÁRVORES DE *Pinus maximinoi* AOS 35 MESES DE IDADE, EM TELÊMACO BORBA-PR.



FONTE: o autor (2017).

Após a extração das raízes de todas as árvores, fotos foram obtidas em três direções, em um painel especificamente montado para tal finalidade. Notas em uma escala variando de 1 a 4 (sendo: 1 - muito bom, 2 – bom, 3 – ruim, 4 – muito ruim) foram atribuídas para a morfologia de raízes de cada árvore amostrada, para as seguintes características: Direção de Raízes, que considerou a ocorrência de raízes crescendo em direção oposta ao natural (FIGURA 4.4); Distribuição de Raízes ao redor do eixo principal (FIGURA 4.5); Raízes Principais (FIGURA 4.6), além de uma Nota Geral, considerando uma avaliação da raiz como um todo.

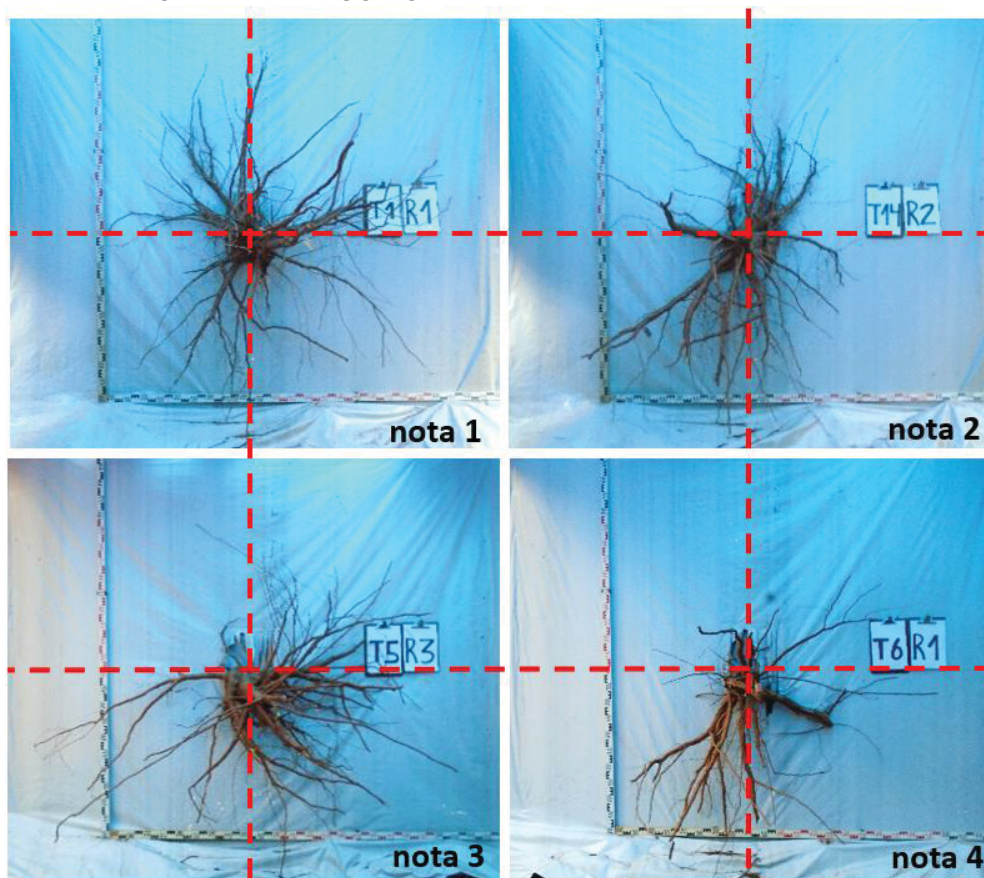
FIGURA 4.4: EXEMPLO DE ATRIBUIÇÃO DE NOTAS NA AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA DE RAÍZES PARA A VARIÁVEL DIREÇÃO DE RAÍZES, PARA EXPERIMENTO DE *Pinus maximinoi* AOS 35 MESES IMPLANTADO EM TELÊMACO BORBA-PR.



Sendo: 1 - muito bom, 2 – bom, 3 – ruim, 4 – muito ruim.  
FONTE: o autor (2017).

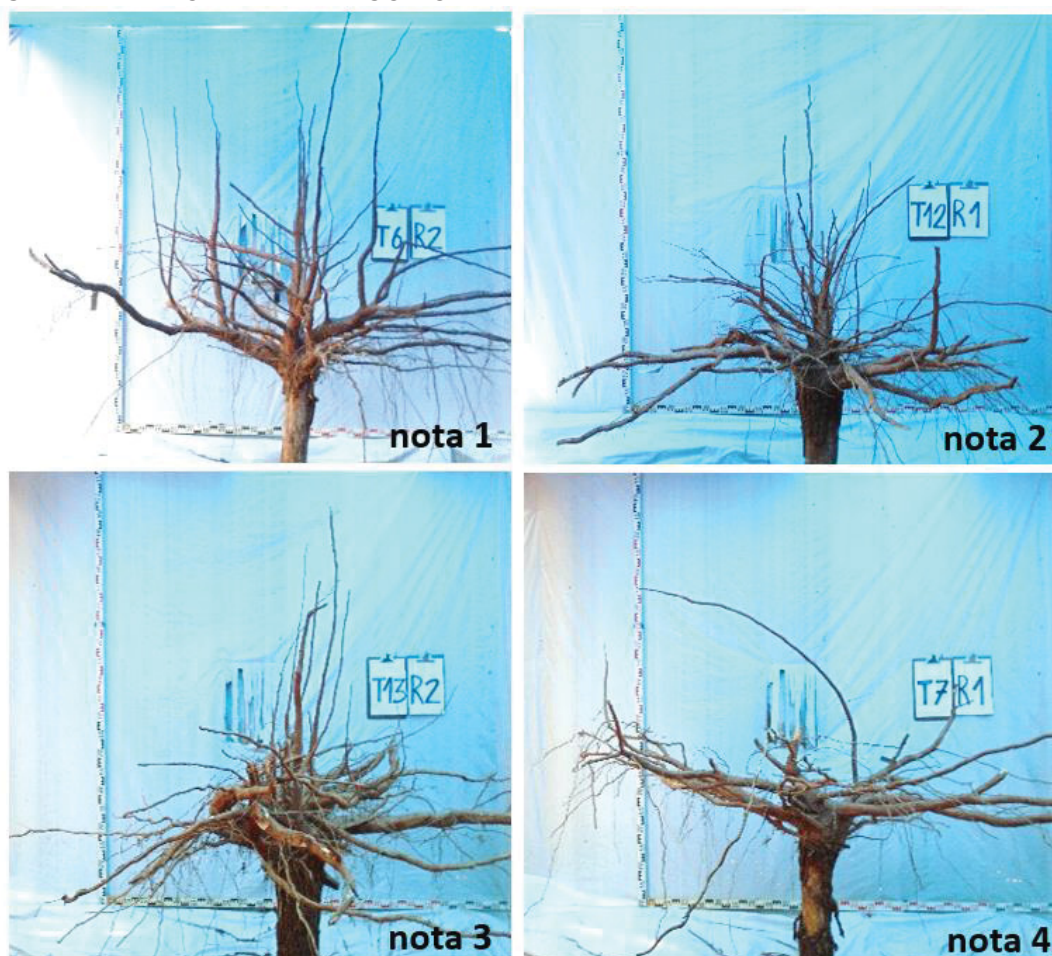


FIGURA 4.5: EXEMPLO DE ATRIBUIÇÃO DE NOTAS NA AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA DE RAÍZES PARA A VARIÁVEL DISTRIBUIÇÃO DE RAÍZES PARA EXPERIMENTO DE *Pinus maximinoi* AOS 35 MESES IMPLANTADO EM TELÊMACO BORBA-PR.



Sendo: 1 - muito bom, 2 – bom, 3 – ruim, 4 – muito ruim.  
FONTE: o autor (2017).

FIGURA 4.6: EXEMPLO DE ATRIBUIÇÃO DE NOTAS NA AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA DE RAÍZES PARA A VARIÁVEL RAÍZES PRINCIPAIS, PARA EXPERIMENTO DE *Pinus maximinoi* AOS 35 MESES IMPLANTADO EM TELÊMACO BORBA-PR.



Sendo: 1 - muito bom, 2 – bom, 3 – ruim, 4 – muito ruim.

FONTE: o autor (2017).

Após estas avaliações foi realizado o corte com motosserra do pedaço de tronco de um metro que permanecia com a raiz, e as mesmas foram pesadas em balança digital e amostras foram retiradas das raízes de cada árvore para avaliação de percentual de umidade. Para a determinação da umidade realizou-se a pesagem de cada amostra imediatamente após sua retirada, sendo que a massa seca foi obtida após a secagem em estufa elétrica em laboratório (105°C) até peso constante.



A análise de dados foi efetuada utilizando o software SISVAR ® (FERREIRA, 2014, p. 109-112), realizando análises de variância considerando dois esquemas fatoriais distintos (triplo e duplo) e testes de comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados de porcentagem de sobrevivência e notas atribuídas às raízes foram transformados para  $(\sqrt{x + 0,5})$  para condução das análises.

Para avaliação dos efeitos dos três fatores: (1) Método de Propagação - via sementes e via enraizamento de miniestacas; (2) Tipo de Recipientes - tubetes de polipropileno de 55 cm<sup>3</sup>, 95 cm<sup>3</sup> e 115 cm<sup>3</sup>; e (3) Ausência ou Presença de Aberturas Laterais nos tubetes, foi utilizado análise denominada de Análise A, em esquema fatorial triplo, excluindo os dois tratamentos *Paperpot* (TABELA 4.3).

TABELA 4.3: TRATAMENTOS UTILIZADOS NA ANÁLISE A EM ESQUEMA FATORIAL TRIPLO (SEM *PAPERPOT*).

Método de Propagação	Tipo de Recipiente	Aberturas Laterais
Miniestaquia	Tubete 55 cm <sup>3</sup>	Ausência Presença
	Tubete 95 cm <sup>3</sup>	Ausência Presença
	Tubete 115 cm <sup>3</sup>	Ausência Presença
Sementes	Tubete 55 cm <sup>3</sup>	Ausência Presença
	Tubete 95 cm <sup>3</sup>	Ausência Presença
	Tubete 115 cm <sup>3</sup>	Ausência Presença

FONTE: o autor (2017).

Para avaliar o efeito dois tratamentos adicionais compostos por recipientes *Paperpot* os dados foram analisados considerando somente os tratamentos de tubetes com aberturas laterais, analisando os dados em esquema fatorial duplo, sendo os fatores: (1) Método de Propagação - via sementes e via enraizamento de miniestacas; (2) Tipo de Recipientes - tubetes de 55 cm<sup>3</sup>, 95 cm<sup>3</sup>; 115 cm<sup>3</sup> com aberturas laterais e *Paperpot* 55 cm<sup>3</sup>. Esta análise foi denominada de Análise B (TABELA 4.4).

TABELA 4.4: TRATAMENTOS UTILIZADOS NA ANÁLISE B EM ESQUEMA FATORIAL DUPLO, SOMENTE PARA TRATAMENTOS COM ABERTURAS LATERAIS.

Método de Propagação	Tipo de Recipiente	Aberturas Laterais
Miniestaquia	Tubete 55 cm <sup>3</sup>	Presença
	Tubete 95 cm <sup>3</sup>	Presença
	Tubete 115 cm <sup>3</sup>	Presença
	<i>Paperpot</i> 55 cm <sup>3</sup>	Presença*
Sementes	Tubete 55 cm <sup>3</sup>	Presença
	Tubete 95 cm <sup>3</sup>	Presença
	Tubete 115 cm <sup>3</sup>	Presença
	<i>Paperpot</i> 55 cm <sup>3</sup>	Presença*

\*poda aérea de raízes presente pela própria natureza do recipiente.

FONTE: o autor (2017).

### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 4.3.1 Sobrevivência

O resultado das análises de variância evidenciou diferenças significativas entre os tratamentos, assim como interações entre os fatores analisados para a variável sobrevivência após o primeiro mês de plantio. Entretanto a sobrevivência aos 34 meses não diferiu estatisticamente entre os tratamentos (TABELA 4.5).

TABELA 4.5: ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA SOBREVIVÊNCIA (%) AOS UM E 34 MESES DO EXPERIMENTO DE *Pinus maximinoi* IMPLANTADO EM TELÊMACO BORBA-PR.

<b>Análise A - fatorial triplo (sem tratamentos <i>Paperpot</i>)</b>			
Fonte de Variação	GL	<b>Sobrevivência (%)</b>	
		<b>1º mês<sup>1</sup></b>	<b>34 meses</b>
		Pr>Fc	Pr>Fc
Propagação	1	0,0000**	0,9233ns
Recipiente	2	0,0000**	0,9363ns
Aberturas Laterais	1	0,0025**	0,5017ns
Propagação x Recipiente	2	0,9413ns	0,1029ns
Propagação x Aberturas Laterais	1	0,8729ns	0,6308ns
Recipiente x Aberturas Laterais	2	0,0193*	0,7084ns
Propagação x Recipiente x Aberturas Laterais	2	0,0233*	0,7916ns
Bloco	3	0,0000**	0,4699ns
CV (%)		2,34	1,23
Média Geral		82,3%	95,8%
GL Erro	33		
GL Total Corrigido	47		

<b>Análise B - fatorial duplo (somente tratamentos com aberturas laterais e <i>Paperpot</i>)</b>			
Fonte de Variação	GL	<b>Sobrevivência (%)</b>	
		<b>1º mês<sup>1</sup></b>	<b>34 meses</b>
		Pr>Fc	Pr>Fc
Propagação	1	0,0008**	0,4352ns
Recipiente	3	0,0003**	0,9775ns
Propagação x Recipiente	3	0,1072ns	0,4722ns
Bloco	3	0,0028**	0,2086ns
CV (%)		2,99	1,48
Média		77,3%	95,2%
GL erro	21		
GL Total Corrigido	31		

GL: graus de liberdade; CV: coeficiente de variação; \*\*significativo a 1% de probabilidade; \*significativo a 5% de probabilidade; ns não significativo a 5% de probabilidade; <sup>1</sup> sobrevivência antes do replantio. Dados de porcentagem de sobrevivência transformados para Análise de Variância ( $\sqrt{x + 0,5}$ ).  
 FONTE: o autor (2017).

O resultado do teste de comparação de médias (fatorial triplo) para a interação entre os fatores Recipiente x Aberturas Laterais para a variável sobrevivência no primeiro mês pode ser verificada na TABELA 4.6.

TABELA 4.6: COMPARAÇÃO DE MÉDIAS PARA A VARIÁVEL SOBREVIVÊNCIA NO 1º MÊS, PARA A INTERAÇÃO ENTRE OS FATORES RECIPIENTE X ABERTURAS LATERAIS (ANÁLISE A), DO EXPERIMENTO DE *Pinus maximinoi* IMPLANTADO EM TELÊMACO BORBA-PR.

Recipiente	Sobrevivência 1º mês <sup>1</sup>			
	Aberturas Laterais			
	Com		Sem	
55 cm <sup>3</sup>	69,0%	B b	82,0%	A a
95 cm <sup>3</sup>	86,3%	A a	87,8%	A a
115 cm <sup>3</sup>	82,5%	A a	86,1%	A a
Média Geral	79,3%		85,3%	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na vertical são estatisticamente iguais e médias seguidas de mesma letra minúscula na horizontal são estatisticamente iguais, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; (¹) sobrevivência antes do replantio. Dados de porcentagem de sobrevivência transformados para a elaboração do teste de comparação de médias ( $\sqrt{x + 0,5}$ ).

FONTE: o autor (2017).

Verifica-se que, em geral, os recipientes maiores apresentaram maior sobrevivência no primeiro mês, assim como os recipientes sem aberturas laterais. Entretanto o teste de comparação de médias evidenciou diferenças significativamente inferiores somente para os recipientes de 55 cm<sup>3</sup> com aberturas laterais (69% de sobrevivência no primeiro mês). Os menores valores de diâmetro de colo (TABELA 4.1) deste tratamento devem ter influenciado negativamente na sobrevivência inicial das mudas.

Os fatores Propagação x Recipiente x Aberturas Laterais também apresentaram interação significativa no que diz respeito a variável sobrevivência das mudas no primeiro mês. O teste de comparação de médias (fatorial triplo) pode ser verificado na TABELA 4.7.

TABELA 4.7: COMPARAÇÃO DE MÉDIAS PARA SOBREVIVÊNCIA NO 1º MÊS, CONSIDERANDO A INTERAÇÃO ENTRE OS FATORES PROPAGAÇÃO X RECIPIENTE X ABERTURAS LATERAIS (ANÁLISE A), DO EXPERIMENTO DE *Pinus maximinoi* IMPLANTADO EM TELÊMACO BORBA-PR.

Recipiente	Aberturas Laterais	Sobrevivência 1º mês <sup>1</sup>	
		Propagação	
		Miniestaca	Semente
55 cm <sup>3</sup>	Com	59,0% B b	79,2% B a
95 cm <sup>3</sup>	Com	79,9% A b	93,1% A a
115 cm <sup>3</sup>	Com	78,5% A a	86,1% AB a
Média		72,5%	86,1%
55 cm <sup>3</sup>	Sem	78,5% A a	85,4% A a
95 cm <sup>3</sup>	Sem	81,3% A b	94,4% A a
115 cm <sup>3</sup>	Sem	76,4% A b	95,8% A a
Média		78,7%	91,9%
Média Geral		75,6%	89,0%

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na vertical são estatisticamente iguais e médias seguidas de mesma letra minúscula na horizontal são estatisticamente iguais, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; (¹) sobrevivência antes do replantio. Dados de porcentagem de sobrevivência transformados para a elaboração do teste de comparação de médias ( $\sqrt{x + 0,5}$ ).

FONTE: o autor (2017).

Observa-se nos resultados da Análise A que, para os três tamanhos de tubetes com ou sem aberturas laterais, a sobrevivência inicial foi inferior nas mudas propagadas via enraizamento de miniestacas, sendo possível detectar diferenças estatisticamente significativas pelo teste de Tukey na maioria dos casos. Na média, a sobrevivência inicial das mudas propagadas via enraizamento de miniestacas foi de 75,6% e das mudas propagadas via sementes foi de 89,0% (TABELA 4.7).

O pior resultado de sobrevivência inicial e estatisticamente inferior aos demais tratamentos foi o tratamento de mudas de miniestacas produzidas em tubetes de 55 cm<sup>3</sup> com aberturas laterais (59,0%). Em contrapartida o melhor resultado foi obtido com mudas propagadas via sementes em recipientes de 115 cm<sup>3</sup> sem aberturas laterais (95,8%).

Considerando a análise em esquema fatorial duplo (Análise B), somente dos recipientes com aberturas laterais e recipientes *Paperpot*, pode-se observar os resultados do teste de comparação de médias para sobrevivência no primeiro mês na TABELA 4.8.

TABELA 4.8: COMPARAÇÃO DE MÉDIAS PARA SOBREVIVÊNCIA NO 1º MÊS, CONSIDERANDO SOMENTE RECIPIENTES COM ABERTURAS LATERAIS (ANÁLISE B), DO EXPERIMENTO DE *Pinus maximinoi* IMPLANTADO EM TELÊMACO BORBA-PR.

Sobrevivência 1º mês <sup>1</sup>		
Recipientes com aberturas laterais	Tubete 55 cm <sup>3</sup>	69,1% b
	Tubete 95 cm <sup>3</sup>	86,5% a
	Tubete 115 cm <sup>3</sup>	82,3% a
	Paperpot 55 cm <sup>3</sup>	71,5% b
Propagação	Miniestaca	71,9% b
	Semente	82,8% a
Média Geral		77,3%

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na vertical são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; (¹) sobrevivência antes do replantio. Dados de porcentagem de sobrevivência transformados para a elaboração do teste de comparação de médias ( $\sqrt{x + 0,5}$ ).

FONTE: o autor (2017).

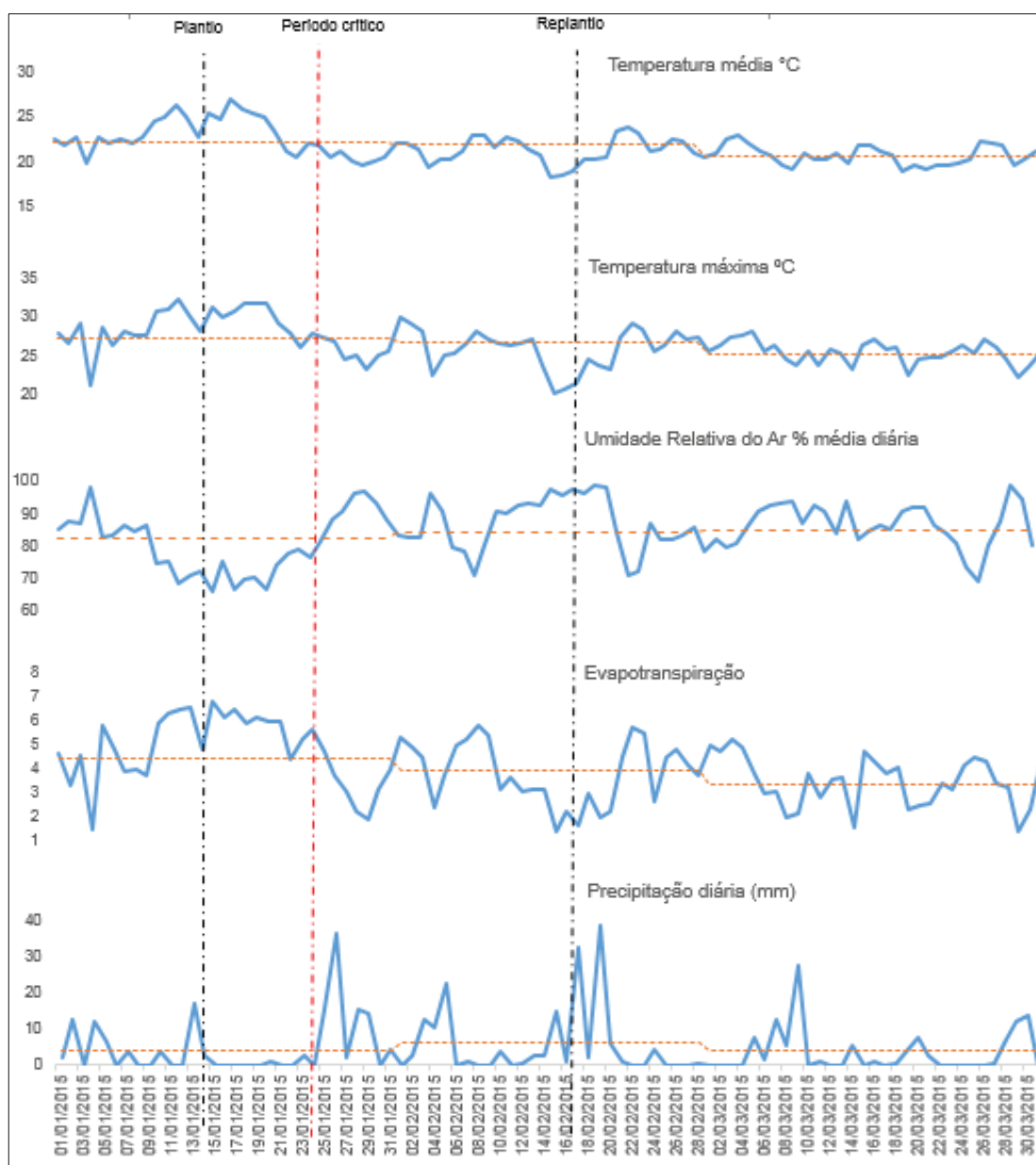
Os resultados da Análise B identificaram diferenças significativas de sobrevivência inicial entre os recipientes menores (tubetes 55 cm<sup>3</sup> com aberturas laterais, *Paperpot* 55 cm<sup>3</sup>) e os maiores (tubetes de 95 cm<sup>3</sup> e 115 cm<sup>3</sup> com aberturas laterais). Diferenças significativas na sobrevivência inicial também foram identificadas entre os métodos de propagação, com mudas de miniestacas e mudas de semente apresentando 71,9% e 82,8% de sobrevivência inicial respectivamente (TABELA 4.8).

Para *Picea abies* (L.) Karst., Hannerz e Wilhelmsson (1998, p. 376) identificaram grande efeito do tamanho de recipientes, com sobrevivência significativamente decrescente com o uso de recipientes menores. Resultados de sobrevivência após o quarto ano de plantio foram de aproximadamente 90%, 85% e 78% para recipientes *Paperpot* de 173 cm<sup>3</sup>, 117 cm<sup>3</sup>, 70 cm<sup>3</sup> e de 67% com o uso de tubetes 50 cm<sup>3</sup>. Segundo os autores o efeito foi causado pelo dano por geadas, uma vez que os recipientes menores produziram plantas menores, mais suscetíveis às geadas.

Hannerz e Wilhelmsson (1998, p. 376) não identificaram diferença significativa de sobrevivência de *Picea abies* com o uso de mudas produzidas via sementes e estacas, apresentando 78% e 80% de sobrevivência aos 14 anos, respectivamente.

Porém, na avaliação de sobrevivência após o replantio realizado no primeiro mês, verificou-se que não houve diferença estatisticamente significativa entre nenhum tratamento avaliado, com sobrevivência acima de 95% em média (TABELA 4.5). Este fato deve estar relacionado às condições ambientais que a área experimental foi exposta nos dias subsequentes após sua implantação (FIGURA 4.7).

FIGURA 4.7: DADOS DIÁRIOS DE TEMPERATURA MÉDIA E MÁXIMA, UMIDADE RELATIVA DO AR, EVAPOTRANSPIRAÇÃO E PRECIPITAÇÃO DO PERÍODO INICIAL DE IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO DE *Pinus maximinoi* EM CAMPO, ENTRE JANEIRO E MARÇO DE 2015, EM TELÊMACO BORBA-PR.



Linhas tracejadas na horizontal referem-se a médias diárias para cada variável no respectivo mês (médias dos respectivos meses entre 2013 a 2017). Evapotranspiração (ET<sub>o</sub> = evapotranspiração de referência em mm/dia).

FONTE: dados da estação meteorológica de Lagoa (KLABIN, 2017b).

É possível observar na FIGURA 4.7 que nos 10 primeiros dias após a data de plantio do experimento em campo não houve precipitação e ocorreram temperaturas médias e máximas acima do normal, baixa umidade relativa do ar, resultando em alta

taxa de evapotranspiração. Este fato justifica a alta taxa de mortalidade inicial de mudas, uma vez que não foi realizada irrigação das mesmas.

Após o replantio (16/02/2015), as condições ambientais foram mais favoráveis, o que deve ter influenciado no bom resultado de sobrevivência de todos os tratamentos após este período (TABELA 4.6).

Como verificado anteriormente, mudas produzidas em recipientes com aberturas laterais e mudas propagadas via enraizamento de miniestacas foram as que tiveram o percentual de sobrevivência inicial mais afetado pelas condições ambientais do período pós plantio. Desta forma, para viabilizar a utilização deste tipo de muda é necessário que as mesmas sejam plantadas em campo em períodos chuvosos, o que refletiria em umidade apropriada no ambiente resultando em maior taxa de sobrevivência.



#### 4.3.2 Variáveis de crescimento e avaliação de raízes

A análise de variância para as variáveis de crescimento identificou diferenças significativas para os fatores testados, porém sem interação entre os mesmos (TABELA 4.9).

TABELA 4.9: ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO AOS 34 MESES, DO EXPERIMENTO DE *Pinus maximinoi* IMPLANTADO EM TELÊMACO BORBA-PR.

##### **Análise A - fatorial triplo (sem tratamentos *Paperpot*)**

Fonte de Variação	GL	DAP (cm)	Altura (m)	Volume (m³)
		Pr>Fc	Pr>Fc	Pr>Fc
Propagação	1	0,0510ns	0,2745ns	0,0296*
Recipiente	2	0,0098*	0,3176ns	0,0122*
Aberturas Laterais	1	0,4018ns	0,2979ns	0,2369ns
Propagação x Recipiente	2	0,6715ns	0,7404ns	0,5874ns
Propagação x Aberturas Laterais	1	0,0718ns	0,4991ns	0,0503ns
Recipiente x Aberturas Laterais	2	0,4462ns	0,9655ns	0,6342ns
Propagação x Recipiente x Aberturas Laterais	2	0,6179ns	0,3188ns	0,3424ns
Bloco	3	0,0005**	0,0013**	0,0001**
CV (%)		3,93	4,98	9,63
Média Geral		10,24	7,59	0,02968
GL Erro	33			
GL Total Corrigido	47			

##### **Análise B - fatorial duplo (somente tratamentos com aberturas laterais e *Paperpot*)**

Fonte de Variação	GL	DAP (cm)	Altura (m)	Volume (m³)
		Pr>Fc	Pr>Fc	Pr>Fc
Propagação	1	0,9489ns	0,9557ns	0,9279ns
Recipiente	3	0,0765ns	0,8268ns	0,1012ns
Propagação x Recipiente	3	0,7606ns	0,7020ns	0,6404ns
Bloco	3	0,0049**	0,0439*	0,0016**
CV (%)		4,22	5,35	10,02
Média		10,33	7,64	0,03
GL erro	21			
GL Total Corrigido	31			

GL: graus de liberdade; CV: coeficiente de variação; \*\*significativo a 1% de probabilidade; \*significativo a 5% de probabilidade; ns não significativo a 5% de probabilidade.

FONTE: o autor (2017).

Por sua vez, a análise de variância referente aos dados coletados na avaliação das raízes não apontou significância para a grande maioria das variáveis (TABELA 4.10).

TABELA 4.10: ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS VARIÁVEIS DE NOTAS E MASSA DE RAÍZES AOS 35 MESES, DO EXPERIMENTO DE *Pinus maximinoi* IMPLANTADO EM TELÊMACO BORBA-PR.**Análise A** - fatorial triplo (sem tratamentos *Paperpot*)

Fonte de Variação	GL	Direção de Raízes	Distribuição de Raízes	Raízes Pivotantes	Nota Geral	Massa Úmida (Kg)	Massa Seca (Kg)
		Pr>Fc	Pr>Fc	Pr>Fc	Pr>Fc	Pr>Fc	Pr>Fc
Propagação	1	0,3054ns	0,7020ns	0,0584ns	0,0564ns	0,6487ns	0,9230ns
Recipiente	2	0,3625ns	0,6891ns	0,2624ns	0,6918ns	0,9530ns	0,9876ns
Aberturas Laterais	1	0,0896ns	0,1934ns	0,7970ns	0,0465*	0,3056ns	0,0944ns
Propagação x Recipiente	2	0,0819ns	0,7186ns	0,1041ns	0,3691ns	0,2620ns	0,4390ns
Propagação x Aberturas Laterais	1	0,2491ns	0,4499ns	0,6877ns	0,0701ns	0,1202ns	0,6126ns
Recipiente x Aberturas Laterais	2	0,1632ns	0,7995ns	0,2998ns	0,5534ns	0,5387ns	0,2132ns
Propagação x Recipiente x Aberturas Laterais	2	0,6088ns	0,5839ns	0,1728ns	0,6509ns	0,8290ns	0,6063ns
Repetição	2	0,9570ns	0,8002ns	0,1675ns	0,8872ns	0,0629ns	0,4509ns
CV (%)		13,78	16,55	16,54	13,65	30,46	36,76
Média Geral		2,81	2,42	1,86	2,72	11,37	4,73
GL erro	22						
GL Total corrigido	35						

**Análise B** - fatorial duplo (somente tratamentos com aberturas laterais e *Paperpot*)

Fonte de Variação	GL	Direção de Raízes	Distribuição de Raízes	Raízes Pivotantes	Nota Geral	Massa Úmida (Kg)	Massa Seca (Kg)
		Pr>Fc	Pr>Fc	Pr>Fc	Pr>Fc	Pr>Fc	Pr>Fc
Propagação	1	0,3872ns	0,6559ns	0,7894ns	0,0498*	0,2794ns	0,8773ns
Recipiente	3	0,5369ns	0,6645ns	0,8875ns	0,7548ns	0,9555ns	0,6826ns
Propagação x Recipiente	3	0,5696ns	0,8863ns	0,0184*	0,6584ns	0,6149ns	0,8884ns
Repetição	2	0,8228ns	0,4554ns	0,7314ns	0,9861ns	0,4516ns	0,9069ns
CV (%)		17,52	19,1	17,72	16,06	35,17	40,18
Média geral		2,46	2,13	1,92	2,42	11,84	5,10
GL erro	14						
GL Total corrigido	23						

GL: graus de liberdade; CV: coeficiente de variação; \*\*significativo a 1% de probabilidade; \*significativo a 5% de probabilidade; ns não significativo a 5% de probabilidade. Dados de Notas atribuídas às raízes foram transformados para análise de variância ( $\sqrt{x + 0,5}$ ). Dados médios de notas apresentados na tabela referem-se às notas não transformadas. Escala de notas utilizadas: 1 - muito bom, 2 – bom, 3 – ruim, 4 – muito ruim.

FONTE: o autor (2017).

O resultado do teste de comparação de médias para os fatores analisados para os caracteres de crescimento pode ser verificado na TABELA 4.11.

TABELA 4.11: COMPARAÇÃO DE MÉDIAS PARA AS VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO AOS 34 MESES, DO EXPERIMENTO DE *Pinus maximinoi* IMPLANTADO EM TELÊMACO BORBA-PR.**Análise A** - fatorial triplo (sem tratamentos *Paperpot*)

		DAP (cm)	Altura (m)	Volume (m³)
Recipientes com e sem aberturas laterais	Tubete 55 cm³	10,03 b	7,54 a	0,02840 b
	Tubete 95 cm³	10,18 ab	7,51 a	0,02917 ab
	Tubete 115 cm³	10,49 a	7,70 a	0,03149 a
Propagação	Miniestaca	10,12 a	7,53 a	0,02875 b
	Semente	10,35 a	7,65 a	0,03062 a
Aberturas Laterais	Com	10,28 a	7,65 a	0,03018 a
	Sem	10,19 a	7,53 a	0,02919 a
Média Geral		10,24	7,59	0,02968

**Análise B** - fatorial duplo (somente tratamentos com aberturas laterais e *Paperpot*)

		DAP (cm)	Altura (m)	Volume (m³)
Recipientes com aberturas laterais	Tubete 55 cm³	9,99 a	7,62 a	0,02835 a
	Tubete 95 cm³	10,32 a	7,56 a	0,03003 a
	Tubete 115 cm³	10,55 a	7,75 a	0,03217 a
	Paperpot 55 cm³	10,48 a	7,64 a	0,03126 a
Propagação	Miniestaca	10,33 a	7,65 a	0,03040 a
	Semente	10,34 a	7,64 a	0,03050 a
Média Geral		10,33	7,64	0,03045

Médias seguidas da mesma letra na vertical são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

FONTE: o autor (2017).

Para as variáveis relacionadas às raízes que não apresentaram interação entre os fatores, é possível verificar os resultados do teste de comparação de médias na TABELA 4.12.

TABELA 4.12: COMPARAÇÃO DE MÉDIAS PARA AS VARIÁVEIS DE NOTAS E MASSA DE RAÍZES AOS 35 MESES, DO EXPERIMENTO DE *Pinus maximinoi* IMPLANTADO EM TELÊMACO BORBA-PR.

**Análise A** - fatorial triplo (sem tratamentos *Paperpot*)

		Direção de Raízes		Distribuição de Raízes		Raízes Principais		Nota Geral	Massa Úmida (Kg)		Massa Seca (Kg)		
Recipientes com e sem aberturas laterais	Tubete 55 cm³	3,08	a	2,58	a	1,92	a	2,83	a	11,63	a	4,71	a
	Tubete 95 cm³	2,75	a	2,25	a	2,08	a	2,58	a	11,26	a	4,80	a
	Tubete 115 cm³	2,58	a	2,42	a	1,58	a	2,75	a	11,23	a	4,69	a
Propagação	Miniestaca	2,94	a	2,50	a	1,61	a	3,00	a	11,11	a	4,76	a
	Semente	2,67	a	2,33	a	2,11	a	2,44	a	11,64	a	4,70	a
Aberturas Laterais	Com	2,56	a	2,22	a	1,83	a	2,44	b	11,98	a	5,24	a
	Sem	3,06	a	2,61	a	1,89	a	3,00	a	10,77	a	4,23	a
Média Geral		2,81		2,42		1,86		2,72		11,37		4,73	

**Análise B** - fatorial duplo (somente tratamentos com aberturas laterais e *Paperpot*)

		Direção de Raízes	Distribuição de Raízes	Nota Geral	Massa Úmida (Kg)	Massa Seca (Kg)
Recipientes com aberturas laterais	Tubete 55 cm³	2,67 a	2,17 a	2,67 a	12,43 a	5,77 a
	Tubete 95 cm³	2,83 a	2,50 a	2,50 a	11,33 a	4,51 a
	Tubete 115 cm³	2,17 a	2,00 a	2,17 a	12,18 a	5,44 a
	Paperpot 55 cm³	2,17 a	1,83 a	2,33 a	11,41 a	4,70 a
Propagação	Miniestaca	2,67 a	2,25 a	2,83 a	10,88 a	5,04 a
	Semente	2,25 a	2,00 a	2,00 b	12,79 a	5,17 a
Média Geral		2.46	2.13	2.42	11.84	5.10

Médias seguidas da mesma letra na vertical são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Dados de notas atribuídas às raízes foram transformados para elaboração do teste de comparação de médias ( $\sqrt{x + 0,5}$ ). Dados de notas apresentados na tabela referem-se às notas não transformadas. Escala de notas utilizadas: 1 - muito bom, 2 - bom, 3 - ruim, 4 - muito ruim.

FONTE: o autor (2017).

O teste de comparação de médias para a variável raízes principais, que apresentou interação entre os fatores Recipientes x Propagação (fatorial duplo), pode ser verificado na TABELA 4.13.

TABELA 4.13: COMPARAÇÃO DE MÉDIAS (ANÁLISE B), CONSIDERANDO TRATAMENTOS COM ABERTURAS LATERAIS, PARA AS VARIÁVEL RAÍZES PRINCIPAIS (COM INTERAÇÃO), DO EXPERIMENTO DE *Pinus maximinoi* IMPLANTADO EM TELÊMACO BORBA-PR.

		Propagação			
		Miniestaca		Semente	
Recipientes com aberturas laterais	Tubete 55 cm <sup>3</sup>	2,33	A a	1,33	A a
	Tubete 95 cm <sup>3</sup>	1,67	A a	2,00	A a
	Tubete 115 cm <sup>3</sup>	1,00	A b	2,67	A a
	Paperpot 55 cm <sup>3</sup>	3,00	A a	1,33	A b
Total Geral		2,00		1,83	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na vertical e minúscula na horizontal são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Dados de notas atribuídas às raízes foram transformados para elaboração do teste de comparação de médias ( $\sqrt{x + 0,5}$ ). Dados de notas apresentados na tabela referem-se às notas não transformadas. Escala de notas utilizadas: 1 - muito bom, 2 - bom, 3 - ruim, 4 - muito ruim. FONTE: o autor (2017).

#### 4.3.3 Método de Propagação

A análise A (esquema fatorial triplo sem os tratamentos *Paperpot*) obteve resultados significativamente distintos em volume das árvores de acordo com o método de propagação, sendo que aos 34 meses, o volume individual médio das árvores produzidas a partir de mudas propagadas via sementes foi de 0,03062 m<sup>3</sup>, ou seja, 6,5% superior quando comparadas a propagação via enraizamento de miniestacas, que apresentaram volume médio individual de 0,02875 m<sup>3</sup> (TABELA 4.11-A).

Entretanto, avaliando os resultados da análise B (somente dos recipientes com aberturas laterais e *Paperpot*), os dois métodos de propagação resultaram em árvores com volumes médios praticamente iguais, com 0,03040 m<sup>3</sup> e 0,03050 m<sup>3</sup> aos 34 meses para propagação via miniestacas e sementes, respectivamente (TABELA 4.11-B).

Mudas produzidas via sementes apresentaram resultados ligeiramente melhores das notas referentes a morfologia de raízes, estatisticamente significativo para a variável Nota Geral (TABELA 4.12-B). Mudas produzidas em recipientes com aberturas laterais apresentaram tendência de melhor morfologia de raízes, apresentando diferenças estatisticamente significativas para Nota Geral de raízes (TABELA 4.12- A). Este fato pode ter corroborado para a existência de diferenças entre os métodos de propagação em volume aos 34 meses na análise A (tubetes com e sem aberturas laterais), mas sem diferenças na Análise B (recipientes com aberturas laterais e *Paperpot*). Uma vez que mudas produzidas por enraizamento de miniestacas apresentaram raízes com morfologia menos natural, possivelmente os recipientes com aberturas laterais auxiliaram na melhoria do desempenho destas mudas, se igualando às mudas propagadas via sementes.

A interação entre os fatores para a variável Raízes Principais foi verificada nos tratamentos Tubete 115 cm<sup>3</sup> com aberturas laterais e *Paperpot* 55 cm<sup>3</sup>, onde apresentaram comportamentos inversos dentro dos métodos de propagação. O melhor resultado de método de propagação para o Tubete 115 cm<sup>3</sup> com aberturas laterais foi Miniestacas, enquanto para *Paperpot* 55 cm<sup>3</sup> foi Sementes (TABELA 4.13). Entretanto, esta interação não apresentou reflexo no volume das árvores aos 34 meses (TABELA 4.11-B).

Estudo avaliado aos 5 anos após plantio em campo com *Picea glauca* (Moench) Voss identificou 7,6% de superioridade em altura ao utilizar mudas propagadas via sementes (185,6 cm) comparativamente à mudas propagadas via enraizamento de estacas (171,4 cm) (BEAULIEU; BERNIER-CARDOU, 2006, p. 3249).

Hannerz e Wilhelmsson (1998, p. 376) entretanto, trabalhando com *Picea abies* identificaram diferenças em altura de 5,3% e 5,7% superiores aos sete e 14 anos com o uso de mudas propagadas via enraizamento de propágulos coletados de mudas de dois anos de idade, comparativamente à mudas produzidas via germinação de sementes. Entretanto, o principal efeito redutor de crescimento das plantas propagadas via sementes foram os maiores danos causados à estas mudas pelas geadas do centro da Suécia.

Stelzer et al. (1998, p. 71) avaliaram *Pinus taeda* L. propagada via sementes e via enraizamento de estacas provenientes de plantas jovens e identificaram diferenças de crescimento nos primeiros anos após o plantio; entretanto, a partir dos sete anos, as diferenças foram sendo diluídas e aos 10 anos de idade não foram mais identificadas diferenças significativas entre os tratamentos para as variáveis diâmetro, altura e volume. Avaliando a mesma espécie, Cumbie et al. (2011, p. 1147) também não identificaram diferenças de crescimento de *Pinus taeda* aos 10 anos ao comparar a utilização de mudas produzidas via propagação vegetativa e via germinação de sementes.

Mora et al. (2005, p. 207) avaliando *Pinus radiata* aos sete anos e Lu et al. (2012, p. 1407) avaliando *Pinus banksiana* Lamb. aos oito anos também não identificaram diferenças significativas em crescimento das mudas propagadas vegetativamente e via sementes.

#### 3.3.4 Tipos de Recipientes

O volume do recipiente utilizado na produção de mudas influenciou significativamente o crescimento das árvores de *Pinus maximinoi* aos 34 meses em campo, sendo que quanto maior o recipiente melhor o crescimento em campo. A diferença de crescimento volumétrico individual aos 34 meses, com o uso de recipiente de 115 cm<sup>3</sup> é 11% superior quando comparada com o recipiente 55 cm<sup>3</sup> (0,03149 m<sup>3</sup> e 0,02840 m<sup>3</sup> respectivamente) (TABELA 4.11 - A).

As variáveis de notas e massas das raízes não apresentaram diferenças significativas com a variação do tipo de recipiente. Entretanto, mesmo sem a diferenciação nas análises estatísticas, verifica-se uma certa tendência na variável nota de Direção de Raízes, que melhorou proporcionalmente com o aumento do volume do tubete (TABELA 4.12 - A).

Estes resultados estão de acordo com diversos trabalhos desenvolvidos com espécies arbóreas. Estudo desenvolvido por Johansson et al. (2015, p. 393) com *Pinus sylvestris* L. também identificou melhores resultados em campo com o uso de recipientes maiores, sendo estatisticamente superior para diâmetro do coleto aos três anos (10,6 mm e 14,1 mm em plantas provenientes de recipientes de 50 cm<sup>3</sup> e 90 cm<sup>3</sup> respectivamente) e altura aos cinco anos (80,5 cm e 96,2 cm em plantas provenientes de recipientes de 50 cm<sup>3</sup> e 90 cm<sup>3</sup> respectivamente).

Estudo realizado com *Picea abies* verificou diferenças superiores em altura de 21% aos sete anos e 14% aos 14 anos com o uso de recipientes de 173 cm<sup>3</sup>, comparativamente às mudas produzidas em recipientes de 50 cm<sup>3</sup> (HANNERZ; WILHELMSSON, 1998, p. 376). Jelic (2014, p. 475) também testou diferentes tamanhos de recipientes para produção de mudas de *Pinus pinea* L. e obteve mudas de melhor qualidade utilizando recipientes maiores, refletindo em crescimento superior em campo aos seis anos. Puértolas et al., (2012, p. 212) trabalhando com *Pinus halepensis* Mill. e *Pinus pinea* obtiveram o mesmo padrão de resultados.

Mitchell et al. (2005, p. 20) testaram recipientes com 125 cm<sup>3</sup> e 80 cm<sup>3</sup> em *Pinus patula*, verificando que o uso do recipiente maior refletiu em 27% de superioridade em volume de madeira no campo aos sete anos. Dobner Júnior et al., (2013, p. 12), por sua vez avaliaram o efeito em *Pinus taeda* em campo de mudas produzidas em recipientes de 200 cm<sup>3</sup> e 60 cm<sup>3</sup>. Após dois anos de plantio em campo as mudas produzidas no recipiente maior refletiram em alturas maiores de plantas, entretanto aos nove anos não foram mais identificadas diferenças no volume das árvores.

Desta forma, os resultados superiores de crescimento das árvores em campo, com a utilização dos tubetes de maior volume devem ser reflexo da proporção mais adequada de volume de raízes, comparativamente à parte aérea das mudas. O maior volume de substrato pode ter proporcionado um melhor estabelecimento das mudas em campo, devido ao maior volume e melhor morfologia de raízes.



### 3.3.5 Aberturas Laterais

O uso de recipientes com aberturas laterais não gerou efeitos significativos no desenvolvimento das árvores de *Pinus maximinoi* em campo, embora tenha gerado uma diferença positiva de 3% no volume médio individual aos 34 meses (de 0,02919 m³ para 0,03018 m³) (TABELA 4.11-A).

Com relação a avaliação de raízes, embora tenham apresentado diferença significativa somente para variável Nota Geral, os recipientes com abertura lateral apresentaram resultados ligeiramente melhores para todas as características avaliadas, quando comparados com recipientes sem aberturas laterais (TABELA 4.12 -A). Estas diferenças devem ser reflexo da poda aérea das raízes nos recipientes com aberturas laterais, diminuindo os defeitos por enovelamento das raízes.

Ao verificar os resultados da Análise B, que levou em consideração somente os tratamentos com aberturas laterais, verifica-se que o recipiente *Paperpot* 55 cm³ apresentou resultados estatisticamente iguais e muito próximos ao tratamento 115 cm³ com aberturas laterais, produzindo árvores com volume individual de 0,03126 m³ e 0,03217 m³, respectivamente, ou seja, somente 2,8% de diferença. Embora não tenham sido identificadas diferenças estatísticas entre os tamanhos dos recipientes com aberturas laterais, ao se considerar os dois recipientes de 55 cm³, tem-se um volume médio individual de 0,02835 m³ para o tratamento tubetes 55 cm³ com aberturas laterais e 0,03126 m³ para *Paperpot* 55 cm³, sendo esta uma diferença de 9,3% de volume a mais com o uso do recipiente *Paperpot* (TABELA 4.11-B).

Ortega et al. (2006, p. 106, 110) testaram recipientes com e sem aberturas laterais em *Pinus radiata* em viveiro e em campo. Os autores verificaram que a melhor morfologia de raízes foi obtida com o uso de recipientes com aberturas laterais, que produziu raízes com menos enovelamentos e dobras. As mudas produzidas em recipientes com aberturas laterais apresentaram maior estabilidade no campo, apresentando resultado significativamente superior na redução das plantas inclinadas pelo vento.

Tsakalimi et al. (2005, p. 89) em trabalho com *Quercus ilex* L. and *Quercus coccifera* L. verificaram que mudas produzidas em *Paperpot* apresentaram melhores resultados de sobrevivência e crescimento em campo até os dois anos, quando comparado ao uso de recipientes plásticos rígidos. Por sua vez, Sung e Haywood (2016, p. 321) observaram que a poda aérea de raízes ocasionada pelo uso de



recipientes com aberturas laterais melhorou a morfologia das raízes de *Pinus palustris* Mill., produzindo menos enovelamento de raízes quando comparado com recipientes com paredes rígidas.

#### 4.4 CONCLUSÕES

O tipo e volume dos recipientes utilizados influenciam a sobrevivência inicial e o crescimento de *Pinus maximinoi* até os 34 meses de plantio em campo, sendo que os melhores resultados foram obtidos com o uso de recipientes maiores (115 cm<sup>3</sup>) e *Paperpot*.

A propagação de *Pinus maximinoi* por miniestaquia é viável, apresentando mesmo crescimento volumétrico aos 34 meses que as mudas propagadas via sementes; entretanto é necessária a utilização de tubetes com aberturas laterais ou recipiente *Paperpot*.

#### 4.5 REFERÊNCIAS

- ALCANTARA, G. B.; RIBAS, L. L. F.; HIGA, A. R.; RIBAS, K. C. Z. Efeitos do ácido indolilbutírico (AIB) e da coleta de brotações em diferentes estações do ano no enraizamento de miniestacas de *Pinus taeda* L. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 78, p. 151-156, jun. 2008.
- ALCANTARA, G. B.; RIBAS, L. L. F.; HIGA, A. R.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; KOEHLER, H. S. Efeito da idade da muda e da estação do ano no enraizamento de miniestacas de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 31, n. 3, p. 399-404, 2007.
- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2009.
- ANDREJOW, G. M. P.; HIGA, A. R. Potencial de enraizamento de miniestacas de *Pinus taeda* L. provenientes de brotação apical de mudas jovens. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 39, n. 4, p. 897-903, out./dez. 2009.
- ASSIS, T. F.; RESENDE, M. D. V de. Genetic improvement of forest tree species. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.1, p. 44-49, 2011.
- BEAULIEU, J.; BERNIER-CARDOU, M. Comparison of Early Height Growth Between White Spruce Seedlings and Rooted Cuttings. **Can. J. For. Res.** Canadá, v. 36, p. 3246-3250, jun. 2006.
- CARNEIRO, J. G. A. Determinação do padrão de qualidade de mudas de *Pinus taeda* L. para plantio definitivo. **Floresta**, [S.l.], p. 1-70, jun. 1977.
- CUMBIE, P. W.; ISIK, F.; LI, B; GOLDFARB, B. Effects of propagule type on genetic parameters of wood density and growth in a loblolly pine progeny test at ages 10 and 11 years. **Tree Genetics & Genomes**. v. 7, p. 1147–1158, jul. 2011.
- DOBNER JÚNIOR, M. D.; TRAZZI, P. A.; HIGA, A. R. SEITZ, R. A. Influência do volume do tubere e do método de plantio no crescimento de um povoamento de *Pinus taeda* aos nove anos de idade. **Scientia Florestalis**. v. 41, n. 97, p. 7-14, mar. 2013.
- DVORAK, W.S; GUTIÉRREZ, E.A.; GAPARE, W.J.; HODGE, G.R.; OSORIO, L.F.; BESTER,C.; KIKUTI, P. *Pinus maximinoi*. In: **Conservation & testing of tropical & subtropical forest tree species**. CAMCORE Cooperative, College of Natural Resources, NCSU. Raleigh, p. 107-127, 2000.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência Agrotecnologia**. [online]. v.38, n.2 [citado 2015-10-17], p. 109-112, 2014.
- FONSECA, S. M.; RESENDE, M. D. V.; ALFENAS, A. C.; GUIMARÃES, L. M. S.; ASSIS, T. F.; GRATTAPAGLIA, D. **Manual prático de melhoramento genético de eucalipto**. Viçosa, MG: UFV, 2010.

GREENWOOD, M. S. WEIR, R. J. Genetic variation in rooting ability of loblolly pine cuttings: effects of auxin and family on rooting by hypocotyl cuttings. **Tree Physiology**. v. 15, p.41-45, 1994.

GREENWOOD, M.S.; CUI, X.; XU, F. Response to auxin changes during maturation-related loss of adventitious rooting competence in loblolly pine (*Pinus taeda*) stem cuttings. **Physiologia Plantarum**, Victoria, v.111, p.373-380, 2001.

HAMANN, A. Adventitious root formation in cuttings of loblolly pine (*Pinus taeda* L.): developmental sequence and effects of maturation. **Trees**. v. 12(3), p. 175-180, 1998.  
HANNERZ, M.; WILHELMSSON, L. Field Performance during 14 years' growth of *Picea abies* cuttings and seedlings propagated in containers of varying sizes. **Forestry**. Suécia, v. 71, n. 4, p. 373-380, 1998.

JELIĆ, G.; TOPIĆ, V.; BUTORAC, L.; ĐURĐEVIĆ, Z.; Anamarija JAZBEC, A.; ORŠANIĆ, M. Container size and soil preparation effects on afforestation success of one year old stone pine (*Pinus pinea* L.) seedlings in croatian mediterranean area. 2014. **Sumarski List**, v. 138, n. 9-10, p. 463-475, 2014.

JIMENEZ, D. C. **Experiencias en la propagación vegetativa del pino candelillo *Pinus maximinoi* H.E. Moore, con énfasis en la utilización del ácido indol 3 butírico en el vivero forestal de P&C Maderas Internacionales, en el departamento de Escuintla, Guatemala.** 75f. Tese Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2004.

JOHANSSON, K.; HAJEK, J.; SJÖLIN, O.; NORMARK, E. Early performance of *Pinus silvestris* and *Picea abies* – a comparison between seedling size, species, and geographic location of the planting site. **Scandinavian Journal of Forest Research**. Reino Unido, v. 30, n. 5, p. 388-400, 2015.

KLABIN. Dados do mapeamento de solos da KLABIN, Telêmaco Borba-PR, 2017a. (não publicado).

KLABIN. Dados da estação meteorológica da KLABIN, Lagoa, Telêmaco Borba-PR, 2017b. (não publicado).

MAJADA, J.; ALONSO, C. M.; FEITO, I.; KIDELMAN, A.; ARANDA, I.; ALÍA, R. Mini-cuttings: an effective technique for the propagation of *Pinus pinaster* Ait. **New Forests**. v. 43, p. 399-412, 2011.

MITCHELL, R. G., ZWOLINSKI, J.; JONES, N. B.; BAYLEY, A. D. Root volume and raising period affect field performance of *Pinus patula* cuttings in South Africa. **Southern African Forestry Journal**. v. 204, p. 15-21, jul. 2005.

MORA, D. D.; DEITOS, A.; ARNHOLD, E.; DANDOLINI, T. Análise do crescimento de árvores de sete anos de idade, originadas de estacas e sementes de *Pinus radiata* D. Don, provenientes de geração avançada de melhoramento. **Revista Instituto Florestal**. São Paulo, v. 17, n. 2, p. 207-213, dez. 2005.

MORI, Y.; MIYAHARA, F.; TSUTSUMI, Y.; KONDO, R. Effects of combinational treatment with ethephon and indole-3-butyric acid on adventitious rooting of *Pinus thunbergii* cuttings. **Plant Growth Regul.** v. 63, p. 271-278, 2011.

ORTEGA, U.; MAJADA, J.; MENA-PETITE, A.; SANCHEZ-ZABALA, J.; RODRIGUEZ-ITURRIZAR, N.; TXARTERINA, K.; AZPITARTE, J.; ABEITIA, M. D. Field performance of *Pinus radiata* D. Don produced in nursery with different types of containers. **New Forests.** v. 31, p. 97–112, 2006.

PUÉRTOLAS J.; JACOBS, D. F.; BENITOA, L. F.; PENUELASA, J. L. Cost–benefit analysis of different container capacities and fertilization regimes in *Pinus* stock-type production for forest restoration in dry Mediterranean areas. **Ecological Engineering.** v. 44, p. 210– 215, 2012.

RASMUSSEN, A.; HUNT, M. A. Ageing delays the cellular stages of adventitious root formation in pine. **Australian Forestry.** v. 73, n. 1, p. 41-46, 2010.

ROSE, R.; ATKINSON, M.; GLEASON, J.; SABIN, T. Root volume as a grading criterion to improve field performance of Douglas-fir seedling. **New Forests.** v. 5, p. 195-209, 1991.

STELZER, H. E.; SHAW, G. S.; McRAE, J. B. Ten-year Growth Comparison Between Rooted Cuttings and Seedlings of Loblolly Pine. **Can. J. For. Res.** v. 28, p. 69-73, 1998

SUNG, S. J. S.; HAYWOOD, J. D. Air lateral root pruning affects longleaf pine seedling root system morphology. Proceedings: SCHWEITZER, CALLIE J.; CLATTERBUCK, WAYNE K.; OSWALT, CHRISTOPHER M., eds. 2016. **Proceedings of the 18th biennial southern silvicultural research conference.** e–Gen. Tech. Rep. SRS–212. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station. 614 p.

TRUEMAN, S.J. Clonal propagation and storage of subtropical pines in Queensland, Australia. **Southern African Forestry Journal.** v. 208. p. 49-52, 2006.

TSAKALDIMI, M.; ZAGAS, T.; TSITSONI, T.; GANATSAS, P. Root morphology, stem growth and Field performance of seedlings of two Mediterranean evergreen oak species raised in different container types. **Plant and Soil.** v. 278, p. 85-93, fev. 2005.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados dos estudos desenvolvidos no presente trabalho demonstram que é possível melhorar a utilização do potencial da espécie *Pinus maximinoi* nos aspectos de produção de sementes e mudas de maior qualidade fisiológica, morfológica e genética.

A determinação do estágio ideal de coleta de sementes por meio da avaliação da densidade aparente dos cones permite a obtenção de sementes de alto vigor e capacidade de germinação. Quanto maior o aproveitamento da safra de sementes dos melhores materiais genéticos dos pomares, maior será o ganho genético operacional obtido na prática, uma vez que possibilita o estabelecimento de uma maior área plantada com os materiais genéticos mais produtivos.

A utilização de recipientes adequados para a produção de mudas de *Pinus maximinoi* possibilita o estabelecimento de plantios florestais de alta sobrevivência e crescimento volumétrico. A confirmação do desenvolvimento equivalente de *Pinus maximinoi* em campo, independentemente do método de propagação, habilita a utilização em escala operacional da propagação vegetativa via miniestaquia.

A variabilidade existente na base genética de *Pinus maximinoi* permite a obtenção de ganhos de produtividade volumétrica com a seleção genética e posterior estabelecimento do pomar de sementes por mudas de primeira geração. Os parâmetros genéticos estimados permitem definir a viabilidade da seleção precoce aos cinco anos dentro do programa de melhoramento genético da espécie, assim como demonstram a viabilidade da obtenção de ganhos genéticos adicionais para os caracteres de produtividade da madeira.

Por fim, verifica-se que é possível aliar o melhoramento genético e desenvolvimento de progênies com altos valores genéticos com a produção de sementes e mudas de alta qualidade, juntamente com a utilização da técnica de propagação vegetativa, para gerar plantios florestais de *Pinus maximinoi* de alta produtividade e qualidade.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A. V.; SOUSA, V. A.; SHIMIZU, J. Y. Seleção genética de progênies de *Pinus greggii* para formação de pomares de sementes. **Pesquisa Florestal Brasileira**. Colombo, v. 30, n. 62, p. 107-117, mai/jul, 2010.
- AGUIAR, F. F. A.; PINTO, M. M.; TAVARES, A. R.; KANASHIRO, S. Maturação de Frutos de *Caesalpinia echinata* Lam., Pau-Brasil. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 31, n. 1, p. 1-6, 2007.
- AGUIAR, I. B.; PERECIN, D.; KAGEYAMA, P. Y. Maturação Fisiológica de Sementes de *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, Piracicaba, v. 38, p. 41-49, abr. 1988.
- ALCANTARA, G. B.; RIBAS, L. L. F.; HIGA, A. R.; RIBAS, K. C. Z. Efeitos do ácido indolilbutírico (AIB) e da coleta de brotações em diferentes estações do ano no enraizamento de miniestacas de *Pinus taeda* L. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 78, p. 151-156, jun. 2008.
- ALCANTARA, G. B.; RIBAS, L. L. F.; HIGA, A. R.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; KOEHLER, H. S. Efeito da idade da muda e da estação do ano no enraizamento de miniestacas de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 31, n. 3, p. 399-404, 2007.
- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2009.
- ANDREJOW, G. M. P.; HIGA, A. R. Potencial de enraizamento de miniestacas de *Pinus taeda* L. provenientes de brotação apical de mudas jovens. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 39, n. 4, p. 897-903, out./dez. 2009.
- ASSIS, T. F.; RESENDE, M. D. V de. Genetic improvement of forest tree species. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.1, p. 44-49, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11941**: Madeira – Determinação da densidade básica. Elaboração: Comitê Brasileiro de Celulose e Papel. Rio de Janeiro, 2003.
- BARNETT, J. P. Cone and Seed Maturation of Southern Pines. **U.S. Department of Agriculture**, New Orleans, v. 11, p. 1-12, 1976b.
- BARNETT, J. P. Earlier Collection Dates For Southern Pine Cones. In: Proceedings, Southeastern Area Nursery Conference. Atlanta, GA, p. 50-56, 1976a.
- BAYLEY, A. D.; KIETZKA, J. W. Stock quality and field performance of *Pinus patula* seedlings produced under two nursery growing regimes during seven different nursery production periods. **New Forests**, v. 13, p. 337–352, nov. 1996.
- BEAULIEU, J.; BERNIER-CARDOU, M. Comparison of Early Height Growth Between White Spruce Seedlings and Rooted Cuttings. **Can. J. For. Res.** Canadá, v. 36, p. 3246-3250, jun. 2006.

BIANCHETTI, A. Tecnologia de sementes de essências florestais. **Rev. Bras. Sem.** Brasília, v. 3, n. 3, p. 27-46. 1981.

BORDIN, I.; NEVES, C. S. V. J.; AZEVEDO, M. C. B.; VIDAL, L. H. I. Desenvolvimento de mudas de aceroleira propagadas por estacas e sementes em solo compactado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 530-536, mai/jun. 2005.

CARNEIRO, J. G. A. Determinação do padrão de qualidade de mudas de *Pinus taeda* L. para plantio definitivo. **Floresta**, [S.l.], p. 1-70, jun. 1977.

CARSON, S. D.; GARCIA, O.; HAYES, J. D. Realized gain and prediction of Yield with genetically improved *Pinus radiata* in New Zealand. **Forest Science**. v. 45, n. 2, 1999.

CARVALHO, N. M. & NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Campinas: Fundação Cargil, 1988.

COSTA, R. B.; MARTINEZ, D. T.; SILVA, J. C.; ALMEIDA, B. C. Variabilidade e ganhos genéticas com diferentes métodos de seleção em progênies de *Eucalyptus camaldulensis*. **Revista de Ciências Agrárias**, Amazonas, v. 58, n. 1, p. 69-74, jan/mar. 2015.

CROCKFORD, K. J.; BAYLIS, W. B.; DUNSDON, A. J.; WANYANCHA, J. M.; WRIGHT, J. A. PROVENANCE PRODUCTIVITY OF PINUS MAXIMINOI IN SOUTHERN AFRICA. **Commonwealth Forestry Association**. v. 70, n. 4, p. 1-24, dez. 1991.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. v. 2. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2003.

CUMBIE, P. W.; ISIK, F.; LI, B; GOLDFARB, B. Effects of propagule type on genetic parameters of wood density and growth in a loblolly pine progeny test at ages 10 and 11 years. **Tree Genetics & Genomes**. v. 7, p. 1147–1158, jul. 2011.

DAVID, A.; PIKE, C.; STINE, R. Comparison of selection methods for optimizing genetic gain and gene diversity in a red pine (*Pinus resinosa* Ait.) seedling seed orchard. **Theor. Appl. Genet.** v. 107, p. 843-849, jun. 2003.

DOBNER JÚNIOR, M. D.; TRAZZI, P. A.; HIGA, A. R. SEITZ, R. A. Influência do volume do tubere e do método de plantio no crescimento de um povoamento de *Pinus taeda* aos nove anos de idade. **Scientia Florestalis**, v. 41, n. 97, p. 7-14, mar. 2013.

DONALD, D. G. M. The effect of tray volume and spacing on the growth and development of *Pinus radiata* Seedlings. **South African Forestry Journal**, África do Sul, n. 162, p. 27-32, set. 1992

DVORAK, W.S; GUTIÉRREZ, E.A.; GAPARE, W.J.; HODGE, G.R.; OSORIO, L.F.; BESTER,C.; KIKUTI, P. *Pinus maximinoi*. In: **Conservation & testing of tropical & subtropical forest tree species**. CAMCORE Cooperative, College of Natural Resources, NCSU. Raleigh, p. 107-127, 2000.



ETTORI, L. de C.; SATO, A. S.; SHIMIZU, J. Y. Variação genética em procedências e progênies mexicanas de *Pinus maximinoi*. **Revista Instituto Florestal**. São Paulo, v. 16, n. 1, p. 1-9, jun. 2004.

FERRAZ, A. V.; ENGEL, V.L. Efeito do tamanho de tubetes na qualidade de mudas de Jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang.), Ipê-amarelo (*Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Sandl.) e Guarucaia (*Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 413-423, abr. 2011.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência Agrotecnologia**. Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, mar/abr. 2014.

FIER, I. S. N, **Variação genética e métodos de melhoramento para *Pinus maximinoi* H. Moore em Telêmaco Borba (PR)**. 46 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

FONSECA, F. L.; MENEGARIO, C.; MORI, E. S.; NAKAGAWA, J. Maturidade fisiológica das sementes do ipê amarelo, *Tabebuia chrysotricha* (Mart. Ex DC) Standl. **Scientia forestalis**. Piracicaba, v. 69, p. 136-141, dez. 2005.

FONSECA, S. M.; RESENDE, M. D. V.; ALFENAS, A. C.; GUIMARÃES, L. M. S.; ASSIS, T. F.; GRATTAPAGLIA, D. **Manual prático de melhoramento genético de eucalipto**. Viçosa, MG: UFV, 2010.

FRITZSONS, E.; AGUIAR, A. V.; FREITAS, M. L. M.; WREGE, M. S.; MANTOVANI, L. E. Zoneamento climático para plantio experimental de *Pinus maxominoi* no Estado de São Paulo. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 69, p.79-92, jan./mar. 2012.

FRITZSONS, E.; AGUIAR, A. V.; MANTOVANI, L. E.; BOGNOLA, I. A. **Comunicado técnico 314: Zoneamento de *Pinus maximinoi* para o estado do Paraná. nico 314**. Colombo: EMBRAPA-PR, 2013. Relatório técnico.

FURLAN, R. A.; MORI, E. S.; TAMBARUSSI, E. V.; MORAES, C. B.; JESUS, F. A.; ZIMBACK, L. Estrutura genética de populações de melhoramento de *Pinus caribaea* var. *Hondurensis* por meio de marcadores microssatélites. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 553-563, jun. 2007.

GAPARE, W. J.; HODGE, G. R.; DVORAK, W. S. Genetic parameters and provenance variation of *Pinus maximinoi* in Brazil, Colombia and South Africa. **Forest Genetics**, v. 28, n. 2, p. 159-170, 2001.

GÖMÖRY, D.; BRUCHÁNIK, R.; LONGAUER, R. Fertility Variation and Flowering Asynchrony in *Pinus sylvestris*: Consequences for the Genetic Structure of Progeny in Seed Orchards. **Forest Ecology and Management**. v. 174, p. 117-126, 2003.

GREENWOOD, M. S. WEIR, R. J. Genetic variation in rooting ability of loblolly pine cuttings: effects of auxin and family on rooting by hypocotyl cuttings. **Tree Physiology**. v. 15, p.41-45, 1994.

GREENWOOD, M.S.; CUI, X.; XU, F. Response to auxin changes during maturation-related loss of adventitious rooting competence in loblolly pine (*Pinus taeda*) stem cuttings. **Physiologia Plantarum**, Victoria, v.111, p.373-380, 2001.

GRIFFIN, A. R., LINDGREN, D. Effect of inbreeding on production of filled seed in *Pinus radiata* — experimental results and a model of gene action. **Theoretical and Applied Genetics**. v. 71, n. 2, p. 334–343. dez 1985.

GWAZE, D. P.; BRIDGWATER, F. E.; BYRAM, T. D.; WOOLLIAMS, J. A.; WILLIAMS, C. G. Predicting age-age genetic correlations in tree-breeding programs: a case study of *Pinus taeda* L. **Theor. Appl. Genet.** v. 100, p. 199-206, 2000.

HAI, P. H.; DUONG, L. A.; TOAN, N. Q.; HÁ, T. T. T. Genetic variation in growth, stem straightness, pilodyn and dynamic modulus of elasticity in second-generation progeny tests of *Acacia mangium* at three sites in Vietnam. **New Forests**. v. 46, p. 577-591, abr. 2015.

HALLINGBÄCK, H. R.; JANSSON, G. Genetic information from progeny trials: a comparison between progenies generated by open pollination and by controlled crosses. **Trees Genetics & Genomes**. Berlin, v. 9, p. 731-740, jan. 2013.

HAMANN, A. Adventitious root formation in cuttings of loblolly pine (*Pinus taeda* L.): developmental sequence and effects of maturation. **Trees**. v. 12(3), p. 175-180, 1998.

HANNERZ, M.; WILHELMSSON, L. Field Performance during 14 years' growth of *Picea abies* cuttings and seedlings propagated in containers of varying sizes. **Forestry**. Suécia, v. 71, n. 4, p. 373-380, 1998.

HENDERSON, C. R. Best linear unbiased estimation and prediction under a selection model. **Biometrics**, v. 31, n. 2, p. 423-447, jun. 1975.

HENDERSON, C. R. Sire evaluation and genetic trends. In: **ANIMAL BREEDING AND GENETICS SYMPOSIUM IN HONOR OF J. LUSH**. Champaign, 1973. Champaign: American Society of Animal Science, 1973, p.10-41.

HIGA, R. C. V. **Zoneamento Climático: *Pinus taeda* no Sul do Brasil**. Documentos 175. Colombo: Embrapa Florestas, p. 1-17, 2008.

INDUSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório IBÁ 2016**. Brasil, 2016.

ISAZA, N. **Flower Promotion in *Pinus maximinoi* and *Pinus tecunumanii* in a Tropical Environment, and Artificial Screening of High-Elevation *P. tecunumanii* for Resistance to *Fusarium circinatum***. 117f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor Florestal, Universidade da Carolina do Norte, Raleigh, 2008.

ISAZA, N. Promoción de floración en huertos semilleros de *Pinus maximinoi* y *Pinus tecunumanii* en Colombia. **Boletín de Noticias Camcore para México y Centroamérica**. México, v. 3, n. 2, p.1, abr. 2009.

IWAIZUMI, M. G.; TAKAHASHI, M. Effects of pollen supply and quality on seed formation and maturation in *Pinus densiflora*. **The Botanical Society of Japan and Springer**. Japão, v. 125, p. 517-525, Nov 2012.

IWAKIRI, S.; MANHIÇA, A. A.; RAMIREZ, M. G. L.; MATOS, J. L. M.; BONDUELLE, G. M.; PRATA, J. G. Avaliação da qualidade de painéis compensados de *Pinus maximinoi*, *Pinus oocarpa* e *Pinus tecunumannii* com diferentes composições estruturais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 2, p. 315-321, abr.-jun., 2012.

JELIĆ, G.; TOPIĆ, V.; BUTORAC, L.; ĐURĐEVIĆ, Z.; Anamarija JAZBEC, A.; ORŠANIĆ, M. Container size and soil preparation effects on afforestation success of one year old stone pine (*Pinus pinea* L.) seedlings in croatian mediterranean area. 2014. **Sumarski List**, v. 138, n. 9-10, p. 463-475, 2014.

JESUS, A. M. S.; CARVALHO, S. P.; SOARES, A. M. Comparação entre sistemas radiculares de mudas de *Coffea arabica* L. obtidas por estaquia e por sementes. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 14-20, abr/jun. 2006.

JIMENEZ, D. C. **Experiencias en la propagación vegetativa del pino candelillo *Pinus maximinoi* H.E. Moore, con énfasis en la utilización del ácido indol 3 butírico en el vivero forestal de P&C Maderas Internacionales, en el departamento de Escuintla, Guatemala.** 75f. Tese Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2004.

JOHANSSON, K.; HAJEK, J.; SJÖLIN, O.; NORMARK, E. Early performance of *Pinus silvestris* and *Picea abies* – a comparison between seedling size, species, and geographic location of the planting site. **Scandinavian Journal of Forest Research**. Reino Unido, v. 30, n. 5, p. 388-400, 2015.

KAGEYAMA, P. Y.; SPELTZ, R. M.; SILVA, A. P.; FERREIRA, M. Variação genética entre e dentro de progênies de *Pinus patula* schiede e Deppe na região de Telêmaco Borba - PR. **Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais**, n.15, p. 21-39, 1977.

KANASHIRO, M.; VIANNA, N. G. **Maturação de Sementes de *Cordia goeldiana* Huber.** Belém: EMBRAPA, 1982. Relatório técnico.

KIMBERLEY, M. O.; MOORE, J. R.; DUNGEY, H. S. Quantification of realised genetic gain in radiata pine and its incorporation into growth and yield modeling systems. **Can. J. For. Res.** Canadá, v. 45, p. 1676-1687, set. 2015.

KLABIN. Dados do mapeamento de solos da KLABIN, Telêmaco Borba-PR, 2017a. (não publicado).

KLABIN. Dados da estação meteorológica da KLABIN, Lagoa, Telêmaco Borba-PR, 2017b. (não publicado).

KLOCK, U. **Qualidade da Madeira Juvenil de *Pinus maximinoi* H. E. Moore.** Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

KLOCK, U.; ANDRADE, A. S.; BITTENCOURT, E.; MOCELIN, E. Z.; CREPALDI, C. Propriedades do papel kraft a partir da madeira juvenil de *Pinus maximinoi* H.E. Moore e *Pinus taeda* L. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 1, p. 33-44, jan/abr, 2004.

LAMHAMEDI, M.; GIL, L.; HANK, M.; MARIO, R.; LINDA, V.; BERNIER, P. Y. Growth, physiology, and leachate losses in *Picea glauca* seedlings (1 0) grown in air-slit containers under different irrigation regimes . **Canadian Journal of Forest Research**. Canada, v. 31, p. 1968-1980, out. 2001.

LAZAROTTO, M.; BELTRAME, R.; MUNIZ, M. F. B.; BLUME, E. Maturação fisiológica de sementes de *Erythrina crista-galli* L. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 21, n. 1, p. 9-16, mar. 2011.

LEE, S. Genetic gain from Scot Pine: Potential for new commercial seed orchard. **Forestry**. Edinburgh, v. 27, p. 1-4, jul. 1999.

LOPES, J. C.; SOARES, A. S. Estudo da Maturação de Sementes de Carvalho Vermelho (*Miconia cinnamomifolia* (Dc.)Naud.). **Ciências Agrotec**. Lavras, v. 30, n. 4, p. 623-628, ago. 2006.

LU, P.; BELL, W.; CHARRETTE, P.; THOMPSON, M. Performance of jack pine (*Pinus banksiana*) rooted cuttings from proliferated dwarf shoots versus seedlings 8 years after planting. **Canadian Journal of Forest Research**. Canada, v. 42, n. 7, p. 1404-1409, jun. 2012.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination – aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**. Madison, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.

MAJADA, J.; ALONSO, C. M.; FEITO, I.; KIDELMAN, A.; ARANDA, I.; ALÍA, R. Mini-cuttings: an effective technique for the propagation of *Pinus pinaster* Ait. **New Forests**. v. 43, p. 399-412, 2011.

MALAN, F. S. The wood properties and sawn-board quality of South African-grown *Pinus maximinoi* (HE Moore). **Southern African Forestry Journal**. v. 208, p. 39-47, 2006.

MARLER, T.; MUSSER, C. Chemical and air pruning of roots influence post-transplant root traits of the critically endangered *Serianthes nelsonii*. **Plant Root**. USA, v. 10, p. 21-25, jan. 2016.

MARTINEZ, D. T.; RESENDE, M. D. V.; COSTA, R. B.; HIGA, A. R.; SANTOS, G. A.; FIER, I. S. N. Estudo da interação Genótipo x Ambiente em progênies de *Pinus taeda* por meio da análise de parâmetros genéticos. **Floresta**. Curitiba, v. 42, n. 3, p. 539-552, jul/set. 2012.

MATZIRIS, D. Genetic variation and realized genetic gain from Aleppo Pine improvement. **Silvae Genetica**. v. 49, n. 1, p. 5-10, 2000.

MATZIRIS, D. Genetic variation in cone and seed Characteristics in a Clonal Seed Orchard of Aleppo Pine Grown in Greece. **Silvae Genetica**. v. 47, n. 1, p. 37-41, 1998.

MATZIRIS, D. Variation in Cone Production in a Clonal Seed Orchard of Black Pine. **Silvae Genetica**. v. 42, n. 1-3, p. 136-141, out. 1993.

MATZIRIS, D. Variation in Growth, Flowering and Cone Production in a Clonal Seed Orchard of Aleppo Pine Grown in Greece. **Silvae Genetica**. v. 46, n. 4, p. 224-228, jun. 1997.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Instruções para Análise de Sementes de Espécies Florestais**. Secretaria de Defesa Agropecuária – Coordenação Geral de Apoio Laboratorial/CGAL, Brasília, 2013.

MISSIO, R. F.; DIAS, L. A. S.; MORAES, M. L. T.; RESENDE, M. D. V. Selection of *Pinus caribaea* var. *bahamensis* progênies based on the predicted genetic value. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**. Brasil, v. 4, p. 399-407, nov. 2004.

MITCHELL, R. G.; ZWOLINSKI J.; JONES N. B.; BAYLEY, A. D. Root volume and raising period affect field performance of *Pinus patula* cuttings in South Africa. **Southern African Forestry Journal**. África do Sul, n. 204, p. 15-21, jul. 2005.

MOODY, W. R., JETT, J. B. Effects of Pollen Viability and Vigor on Seed Production of Loblolly Pine. **Southern Journal of Applied Forestry**, v. 14, n. 1, p. 33–38, fev 1990.

MORA, F.; DEITOS, A.; ARNHOLD, E.; DANDOLINI, T. S. Análise do crescimento de árvores de sete anos de idade, originadas de estacas e sementes de *Pinus radiata* D. Don, provenientes de geração avançada de melhoramento. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 207-213, dez. 2005.

MORI, E. S. Pomares de sementes florestais. **Série Técnica IPEF**. Piracicaba v. 5, n. 16, p. 1–27, set. 1988.

MORI, Y.; MIYAHARA, F.; TSUTSUMI, Y.; KONDO, R. Effects of combinational treatment with ethephon and indole-3-butyric acid on adventitious rooting of *Pinus thunbergii* cuttings. **Plant Growth Regul.** v. 63, p. 271-278, 2011.

MUTETE, P.; MUREPA, R.; GAPARE, W. J. Genetic parameters in subtropical pine F<sub>1</sub> hybrids: heritabilities, between-trait correlations and genotype-by-environment interactions. **Tree Genetics & Genomes**. Berlin, v. 11, n. 93, p. 1-16, set. 2015.

ORTEGA, U.; MAJADA, J.; MENA-PETITE, A.; SANCHEZ-ZABALA, J.; RODRIGUEZ-ITURRIZAR, N.; TXARTERINA, K.; AZPITARTE, J.; ABEITIA, M. D. Field performance of *Pinus radiata* D. Don produced in nursery with different types of containers. **New Forests**. v. 31, p. 97–112, 2006.

OWENS, J. N.; FERNANDO, D. Pollination and Seed Production in Western White Pine. **Can. J. For. Res.** Canada, v. 37, p. 260-275, 2007.

OWENS, J. N.; KITTIRAT, T.; MAHALOVICH, M. F. Whitebark Pine (*Pinus albicaulis* Engelm.) Seed Production in Natural Stands. **Forest Ecology and Management**. v. 255, p. 803-809, set. 2008.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; FERNANDES, J. S. C.; RESENDE, M. D. V. Avaliação e seleção precoce para crescimento de *Pinus taeda*. **Pesq. Agropec. Bras.** Brasília, v. 37, n. 12, p. 1719-1726, dez. 2002.



POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1985.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Londrina: Planta, 2001.

PUÉRTOLAS J.; JACOBS, D. F.; BENITO, L. F.; PENUELASA, J. L. Cost-benefit analysis of different container capacities and fertilization regimes in *Pinus* stock-type production for forest restoration in dry Mediterranean areas. **Ecological Engineering**. v. 44, p. 210-215, mai. 2012

RAGAGNIN, L. I. M.; COSTA, E. C.; HOPPE, J. M. Maturidade Fisiológica de Sementes de *Podocarpus lambertii* Klotzsch. **Ciência Florestal** Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 23-41, 1994.

RASMUSSEN, A.; HUNT, M. A. Ageing delays the cellular stages of adventitious root formation in pine. **Australian Forestry**. v. 73, n. 1, p. 41-46, 2010.

RESENDE, M. D. V. de. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002.

RESENDE, M. D. V. **SELEGEN-REML/BLUP. Sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos**. Colombo: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa - Florestas), 2007(a).

RESENDE, M. D. V. **Matemática e Estatística na análise de Experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa - Florestas), 2007(b).

RESENDE, M. D. V.; BERTOLUCCI, F. L. G. Maximization of genetic gain with restriction on effective population size and inbreeding in *Eucalyptus grandis*. In: IUFRO CONFERENCE "EUCALYPT PLANTATIONS: Improving Fibre Yield And Quality", 1995, Hobart. **Proceedings...** Hobart: IUFRO-CRCTHF, 1995. p. 167-170.

ROSE, R.; ATKINSON, M.; GLEASON, J.; SABIN, T. Root volume as a grading criterion to improve field performance of Douglas-fir seedling. **New Forests**. Holanda, v. 5, p. 195-209, jul. 1991.

SAMPAIO, P. de T.B. **Variação genética entre procedências e progênes de *Pinus oocarpa* Schiede, *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. & Golf, e *Pinus maximinoi* H. E. Moore e métodos de seleção para melhoramento genético**. 169 p. (Tese de Doutorado) - Setor de Ciências Agrárias, UFPR, Curitiba, 1996.

SAMPAIO, P. T. B.; RESENTE, M. D. V.; ARAÚJO, A. J. Estimativas de parâmetros genéticos e métodos de seleção para o melhoramento genético de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Pesq. Agropec. Bras.** Brasília, v. 35, n. 11, p. 2243-2253, nov. 2000.

SANTOS, G. A.; RESENTE, M. D. V.; SILVA, L. D.; HIGA, A.; ASSIS, T. F. Interação genótipo x ambiente para produtividade de clones de *Eucalyptus* L'Hér. no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 39, n. 1, p. 81-91, 2015.

SCHUBERT, G. H.; RIETVELD, W. J. **Bristlecone pine-its phenology, cone maturity and seed production in the San Francisco Peaks, Arizona**. USDA Forest Service Research Note RM-180, 7 p. 1970.

SETIAWATI, Y. G. B.; RIDING, R. T.; SWEET, G. B. Determination of the Stage at Which Failure Occurred in Empty Control-Pollinated Seeds of *Pinus radiata*. **New Zealand Journal of Forestry Science**. Nova Zelândia, v. 29, n. 3, p. 366-374, ago. 1999.

SHIMIZU, J. Y.; SPIR, I. H. Z. Seleção de *Pinus elliottii* pelo valor genético para alta produção de resina. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 38, p. 103-117, jan./jun. 1999.

SILVA, M. D. **Maturação de Frutos e Sementes de *Acacia mangium* Willd.** 57 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba, 2015.

SOARES, I. D.; HIGA, A. R.; JUNIOR, P. C. F.; ENGEL, M. L.; ANDREJOW, G. P. Estratégias de seleção de progenies de *Eucalyptus saligna* para produção de sementes melhoradas. **Scientia Florestalis**. Piracicaba, v. 45(114), p. 319-326, jun. 2017.

SOUZA, S M.; LIMA, P. C. F. Maturação de Sementes de Angico. **Revista Brasileira de Sementes**. Brasília, v. 2, p. 93-99, 1985.

STELZER, H. E.; SHAW, G. S.; McRAE, J. B. Ten-year Growth Comparison Between Rooted Cuttings and Seedlings of Loblolly Pine. **Can. J. For. Res.** v. 28, p. 69-73, 1998

SUNG, S. J. S.; HAYWOOD, J. D. Air lateral root pruning affects longleaf pine seedling root system morphology. Proceedings: SCHWEITZER, CALLIE J.; CLATTERBUCK, WAYNE K.; OSWALT, CHRISTOPHER M., eds. 2016. **Proceedings of the 18th biennial southern silvicultural research conference**. e–Gen. Tech. Rep. SRS–212. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station. 614 p.

TIBAGU, M.; ODÉN, P. C. Discrimination of viable and empty seeds of *Pinus pátula* Schiede & Deppe with near-infrared spectroscopy. **New Forests**. Holanda, v. 25, p. 163-176, 2003.

TRUEMAN, S.J. Clonal propagation and storage of subtropical pines in Queensland, Australia. **Southern African Forestry Journal**. v. 208. p. 49-52, 2006.

TSAKALDIMI, M. Prediction of planted seedling survival of five Mediterranean species based on initial seedling morphology. **New Forests**, Holanda, v. 44, n. 3, p. 327-339, mai. 2013.

TSAKALDIMI, M.; ZAGAS, T.; TSITSONI, T.; GANATSAS, P. Root morphology, stem growth and Field performance of seedlings of two Mediterranean evergreen oak species raised in different container types. **Plant and Soil**. v. 278, p. 85-93, fev. 2005.

VENCOSVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E., ed. **Melhoramento e produção de milho no Brasil**. Piracicaba: Fundação Cargill, 1978. p.122-201

VERGARA, R.; WHITE, T.; HUBER, D. A.; SHIVER, B. D; ROCKWOOD, D. L. Estimated realized gains for first-generation slash pine (*Pinus elliottii* var. *elliottii*) tree improvement in the southeastern United States. **Can. J. For. Res.** Canadá, v. 34, p. 2587-2600, jul. 2004.

WAKELEY, P. C. **Planting the Southern Pines: Volume 1 – Planting Policies, seed**. Nova Orleans: U.S. Department of Agriculture, 1951.

WENG, Y. H.; ADAMS, G. W.; FULLARTON, M. S.; TOSH, K. J. Genetic parameters of growth and stem quality traits for Jack pine second-generation progeny tested in New Brunswick. **Can. J. For. Res.** Canadá, v. 45, p. 36-43, 2015.

WRIGHT, J. A.; BAYLIS, B. Volume, pulp and paper-making traits of *Pinus maximinoi* provenances planted at two sites in South Africa. **South African Forestry Journal**, n. 165, p. 37- 40, junho, 1993.

WRIGHT, J. A.; OSORIO, L. F.; LAMBETH, C. C. Development of a tree improvement program with *Pinus maximinoi* in Colombia. **Forest Ecology and Management**. Amsterdam, v. 62, p. 313-322, 1993.

WRIGHT, J.A. WESSELS, A. Laboratory scale pulping of *Pinus pseudostrobus*, *P. maximinoi* and *P. patula*. **IPEF International**. Piracicaba, v. 2, p. 39-44, 1992.

XIANG, B.; ISIK, F.; Time trend of genetic parameters in growth traits of *Pinus taeda* L. **Silvae Genetica**. v. 52, n. 3-4, p. 114-121, 2003.

ZANI FILHO, J.; BALLONI, E. A.; KAGEYAMA, P. Y. Manejo de áreas produtoras de sementes visando a operacionalização de programas de melhoramento genético baseado em multipopulações. **Circular técnica**. n. 152, set.1987.